



Universidad del Azuay

Maestría en Hidrosanitaria

Estimación de ahorro en volumen de agua potable y costos, al implantar tecnologías de aprovechamiento en el reúso de aguas grises y subterránea en los edificios de la Universidad del Azuay.

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:
Magíster en Hidrosanitaria**

Autor:

Ing. Mario Andrés Cabrera Ordóñez

Director:

Ing. Patricia Alejandra Palacios Romero, M.Sc.

Cuenca – Ecuador

2023

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de graduación a mis padres quienes han inculcado en mí el estudio como la llave que tiene el hombre para su desarrollo personal. A mis hermanas que son mi inspiración y de manera especial dedico el trabajo de grado a mi papá, quien fue el principal motor para iniciar y terminar este logro académico, estoy seguro que él estará igual de feliz que yo y que siempre seguirá guiando mi camino, mi viejito, hasta el cielo va este logro!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios que me ha permitido concluir con éxito un logro en mi formación académica y profesional. El eterno agradecimiento a mi querida Universidad del Azuay, a sus autoridades, valiosos seres humanos que impulsaron mis estudios, por la apertura para el desarrollo de la investigación de esta tesis. A mi tutora de tesis, profesores y compañeros que coincidimos en este proceso académico y que compartimos buenos momentos y experiencias. A todas las personas que colaboraron en la realización del presente trabajo, que confiaron y ayudaron a alcanzar este reconocimiento.

RESUMEN

Este trabajo de investigación busca determinar el volumen y valor económico que la Universidad del Azuay puede reducirse del consumo total de agua potable, al implementar redes de agua subterránea y la recirculación de aguas grises (solo el edificio denominado Bloque E1) para los procesos de descarga de aparatos sanitarios de cuatro edificios. Para ello fue necesario la medición semanal del consumo a través de contadores de agua y determinar el caudal medio diario que demanda cada red de distribución de cada edificio. Posteriormente se propone dimensionar y presupuestar una nueva red de distribución de agua subterránea que reemplazaría al agua potable en los procesos de descarga sanitaria de cada edificio (inodoros y urinarios).

Se estimó que el ahorro es de 74.03 metros cúbicos mensuales que significan 146.50 dólares en las planillas, es decir representa un ahorro económico del 6,66%. El costo de la red propuesta es de aproximadamente 10149.38 dólares que culminará de devengarse en 5 años y 9 meses y que en ese mismo tiempo ahorraría más de 5000 metros cúbicos de agua potable.

Palabras clave: descarga de aparatos sanitarios – aguas grises – recirculación de agua – agua subterránea – ahorro de agua potable – redes de agua.

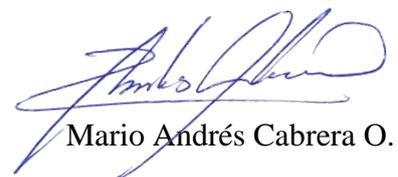
ABSTRACT

This research work seeks to determine the volume and economic value that the University of Azuay can reduce from the total consumption of drinking water, by implementing underground water networks and the recirculation of gray water (only the building called Block E1) for the sanitary discharge processes for four buildings. For this, it was necessary to measure consumption weekly through water meters and determine the average daily flow demanded by each distribution network of each building. Subsequently, it is proposed to design and budget for a new underground water distribution network that would replace drinking water in the sanitary discharge processes of each building (toilets and urinals).

It was estimated that the savings are 74.03 cubic meters per month, which means 146.50 dollars in the payroll, that is, it represents an economic saving of 6.66%. The cost of the proposed network is approximately \$10,149.38, which will be accrued in 5 years and 9 months, and at the same time, it would save more than 5,000 cubic meters of potable water.

Keywords: discharge of sanitary devices - greywater - water recirculation - groundwater - drinking water saving - water networks.

Translated by:



Mario Andrés Cabrera O.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Antecedentes	10
1.2. Objetivos	11
1.2.1. Objetivo general:.....	11
1.2.2. Objetivos específicos:	11
1.3. Hipótesis	11
1.4. Justificación.....	11
1.5. Estructura del trabajo.....	12
1.6. Metodología.....	13
1.7. Estado del Arte	14
2. EVALUACIÓN ACTUAL DE LAS REDES INTERNAS Y ESTIMACIÓN DE CAUDALES	23
2.1. Estado actual de las redes de abastecimiento de agua potable e infraestructura. 23	
2.1.1. Edificios de Administración de Empresas y Psicología.....	23
2.1.2. Edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1)	25
2.1.3. Edificio de Ciencia y Tecnología.....	30
2.2. Cálculo de caudales	32
2.2.1. Caudal medio diario de baterías sanitarias de mujeres en los edificios de Administración de Empresas y Psicología.....	32
2.2.2. Caudal medio diario de las baterías sanitarias de hombres en los edificios de Administración de Empresas y Psicología.....	36
2.2.3. Caudal medio diario de las baterías sanitarias del edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1).....	39
2.2.4. Caudal medio diario de las baterías sanitarias del edificio de Ciencia y Tecnología.....	43
2.2.5. Tabla de resumen de los caudales demanda (caudal para descarga de aparatos sanitarios y lavamanos).....	47
3. DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED DE DISTRIBUCION PARA RECIRCULAR EL AGUA GRIS Y DE EXTRACCION DE AGUA SUBTERRANEA.....	49
3.1. Caudal de extracción de agua subterránea	49
3.1.1. Tabla resumen del caudal de extracción de agua subterránea de los pozos de perforación.....	57

3.2.	Cálculo de caudal de recirculación de aguas grises del edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1).	57
3.3.	Diseño de la red de agua hacia los edificios en estudio, desde los pozos de extracción hasta el ingreso a los edificios en estudio	58
4.	EVALUACIÓN ECONÓMICA: VALORES DE PLANILLAS DE CONSUMO Y DE LA INVERSIÓN PARA LA NUEVA RED.	64
4.1.	Volumen de agua consumidos en los últimos tres años de los medidores de agua potable.	64
4.2.	Análisis de costos de los últimos tres años de los medidores de agua potable.	66
4.3.	Estimación de costos de implementar la red de aguas subterráneas para la descarga de aparatos sanitarios.	69
4.4.	Tiempo de retorno del capital inicial de obra para la implementación de la red nueva para agua subterránea.	70
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	71
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
6.1.	Conclusiones	73
6.1.1.	Mediciones de volúmenes consumidos en los edificios y estimación de caudales medios diarios.	73
6.1.2.	Diseño de la red de agua para descargas de aparatos sanitarios y caudal de extracción de agua subterránea.	73
6.1.3.	Evaluación económica del proyecto, costo de la inversión inicial, reducción de valores económicos planillados y tiempo de retorno del capital.	75
6.2.	Recomendaciones	75
7.	BIBLIOGRAFÍA	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución tipo de las baterías sanitarias de los edificios de Administración de Empresas y Psicología. Segunda Planta Alta.	25
Figura 2. Distribución de las redes de agua potable y desagües del edificio Bloque E1.	30
Figura 3. Distribución de las baterías sanitarias del edificio de Ciencia y Tecnología. Primera Planta Alta.	31
Figura 4. Distribución de las baterías sanitarias del edificio de Ciencia y Tecnología. Segunda Planta Alta.	32
Figura 5. Consumos acumulados de agua potable para uso sanitario de mujeres, edificio de Administración de Empresas.	33
Figura 6. Consumos acumulados de agua potable para lavamanos de mujeres, edificio de Administración de Empresas.	33
Figura 7. Consumos acumulados de agua potable para uso sanitario de hombres, edificio de Administración de Empresas.	37
Figura 8. Consumos acumulados de agua potable para lavamanos de hombres, edificio de Administración de Empresas.	37
Figura 9. Consumos acumulados de agua potable para uso sanitario del edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1).	40
Figura 10. Consumos acumulados de agua potable para lavamanos del edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1).	41
Figura 11. Consumos acumulados de agua potable para baterías sanitarias de mujeres y hombres del edificio de Ciencia y Tecnología.	44
Figura 12. Ubicación de los pozos de extracción de agua subterránea dentro de los predios de la Universidad del Azuay.	50
Figura 13. Funcionamiento de la bomba de extracción de agua subterránea del pozo No. 1.	51
Figura 14. Funcionamiento de la bomba de extracción de agua subterránea del pozo No. 2.	53
Figura 15. Funcionamiento de la bomba de extracción de agua subterránea del pozo No. 3.	55
Figura 16. Red de aguas subterráneas desde la reserva hasta Bloque E1.	59
Figura 17. Red de aguas subterráneas desde la reserva hasta los edificios de Administración de Empresas y Psicología.	60
Figura 18. Red de aguas subterráneas desde la reserva hasta los edificios de Ciencia y Tecnología.	60
Figura 19. Ingreso de variables de diseño de la red al programa de cálculo.	62

Figura 20. Volúmenes de agua potable consumidos en el medidor No. 2013718270.
..... 64

Figura 21. Volúmenes de agua potable consumidos en el medidor No. 2017000468.
..... 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las aguas grises.	17
Tabla 2. Descripción de las baterías sanitarias de mujeres en los edificios de Administración de empresas y Psicología.....	24
Tabla 3. Descripción de las baterías sanitarias de mujeres en los edificios de Administración de empresas y Psicología.....	24
Tabla 4. Descripción de las baterías sanitarias de hombres en los edificios de Administración de empresas y Psicología.....	24
Tabla 5. Descripción de las baterías sanitarias de hombres en los edificios de Administración de empresas y Psicología.....	25
Tabla 6. Descripción de las baterías sanitarias del Bloque E1 (Entrepisos).	26
Tabla 7. Descripción de las baterías sanitarias del Bloque E1 (Entrepisos).	27
Tabla 8. Descripción de las baterías sanitarias del Bloque E1 (Pisos).....	28
Tabla 9. Descripción de las baterías sanitarias del Bloque E1 (Pisos).....	29
Tabla 10. Descripción de las baterías sanitarias del edificio de Ciencia y Tecnología	31
Tabla 11. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario del edificio de Administración de Empresas.	34
Tabla 12. Cálculo del caudal medio diario para lavamanos del edificio de Administración de Empresas.	35
Tabla 13. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario del edificio de Administración de Empresas.	38
Tabla 14. Cálculo del caudal medio diario para lavamanos del edificio de Administración de Empresas.	38
Tabla 15. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario del edificio Bloque E1.	41
Tabla 16. Cálculo del caudal medio diario para lavamanos del edificio Bloque E1.	42
Tabla 17. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario y lavamanos del edificio de Ciencia y Tecnología.	44
Tabla 18. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario del edificio de Ciencia y Tecnología.	45
Tabla 19. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario y lavamanos del edificio de Ciencia y Tecnología.	46
Tabla 20. Resumen de caudales medios diarios de todos los edificios en estudio.	48
Tabla 21. Resumen de caudales máximos diarios de todos los edificios en estudio.	48
Tabla 22. Cálculo del caudal medio diario de extracción de agua pozo No. 1.....	51

Tabla 23. Cálculo del caudal medio diario de extracción de agua pozo No. 2.....	53
Tabla 24. Cálculo del caudal medio diario de extracción de agua pozo No. 3.....	55
Tabla 25. Resultados obtenidos de la simulación de la red para descargas sanitarias usando el software libre EPANET	62
Tabla 26. Planillas económicas mensuales desglosadas del medidor no. 2013718270	66
Tabla 27. Planillas económicas mensuales desglosadas del medidor no. 2017000468.	67
Tabla 28. Presupuesto referencial de obra.	69
Tabla 29. Resumen de los valores calculados en cada variable de estudio para los edificios analizados.....	71

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y para la supervivencia de los seres humanos. El agua también forma parte crucial en la adaptación al cambio climático, y es un vínculo decisivo entre la sociedad y el medioambiente. Como es de conocimiento, el agua dulce, al igual que otros recursos naturales, son limitados.

El potabilizar el agua para el consumo humano, genera costos a los usuarios, sin embargo, la usamos en todos nuestros procesos, desde consumo humano, aseo personal, industria y limpieza o descargas sanitarias, entre otros. Por tal motivo es necesario optimizar el uso del líquido vital. Si reusamos el agua las veces que sean posibles, reducimos la huella hídrica.

“Una huella hídrica muestra el grado de uso del agua en relación con el consumo de las personas. La huella hídrica de un individuo, comunidad o empresa se define como el volumen total de agua dulce utilizada para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o la comunidad o producidos por la empresa.” (Vanegas Delgado , Encalada Avila , & Coello Salcedo , 2022). Esta tendencia, que está abriendo un nuevo horizonte en la gestión sostenible de los recursos hídricos, está cobrando cada vez más fuerza, pasando a convertirse en una herramienta para, además de reducir el consumo de agua y hacerlo de una manera más responsable, obtener ventaja competitiva en el mundo empresarial y en el desarrollo de estrategias de Responsabilidad Social Corporativa.

Por lo tanto, la Universidad del Azuay al ser consumidor de agua potable y al no poseer ningún tipo de sistema de reutilización de agua, este proyecto de investigación busca determinar el ahorro en volumen de agua y costos al implantar una red de agua reusada proveniente de lavamanos y cubiertas, además del aprovechamiento de un posible uso de agua subterránea en su predio, para la descarga de urinarios e inodoros

de los bloques principales, mediante el uso de bombas de distribución de agua, estimando el costo inicial de inversión y su plazo de recuperación.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

Determinar el porcentaje de reducción de consumo de agua potable al implementar redes de agua reusada y sistemas de reutilización de agua subterránea y los costos mensuales, en los procesos de descarga de aparatos sanitarios.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Determinar la demanda actual de agua potable para el consumo humano y procesos de descarga de aparatos sanitarios, apoyándose en campañas de medición de caudal en los edificios principales.
- Dimensionar y presupuestar la nueva red de agua reusada y subterránea para la descarga de aparatos sanitarios.
- Realizar la ingeniería de costos de la propuesta.
- Estimar el ahorro en volumen y costos de agua potable, al implementar una red de agua reusada.
- Exponer las conclusiones de la investigación y recomendaciones.

1.3. Hipótesis

El ahorro mensual que la Universidad del Azuay genere al implementar la red de agua reusada en la descarga de aparatos sanitarios le beneficia económicamente y reduce el impacto ambiental.

1.4. Justificación

El agua ha sido tema de interés en las últimas generaciones debido al papel importante que juega en la vida humana. Las crisis medioambientales a las que nos enfrentamos en la actualidad acerca del uso de recursos no renovables y el impacto negativo de la contaminación ambiental debido a que en las prácticas humanas en las que no se ha analizado el tiempo en el que naturaleza renueva dichos recursos, ha

generado que las personas se concienticen acerca del uso de estos recursos, incluido el agua.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para cubrir sus necesidades básicas (Organización Mundial de Salud, 2018); sin embargo, según un estudio sobre Manual de Buenas Prácticas Ambientales de la Universidad del Azuay con apoyo de la Comisión de Gestión Ambiental del Municipio de Cuenca, cada persona en promedio consume 250 litros de agua por día. (Vanegas Delgado , Encalada Avila , & Coello Salcedo , 2022).

Datos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) indican que para el 2030 sería necesario cuadruplicar los índices de progreso, los cuales se emplean para mostrar el porcentaje completado de una operación, para lograr el mismo objetivo de suministro de agua para consumo humano. Más de 2300 millones de personas viven en países con escasez de agua, situación que empeorará en algunas regiones debido al cambio climático, la escasez de agua y el crecimiento de la población; es por esto que la reutilización de agua se convierte en una estrategia importante. (Organización de las Naciones Unidas, 2021)

La tendencia mundial de reúso y recirculación de agua está en auge. Es prioridad mundial y local poder garantizar el consumo para las futuras generaciones, es así que este proyecto busca reducir el consumo de agua potable en la descarga de aparatos sanitarios. La Universidad del Azuay, cuenta con un avance en infraestructura necesaria para la reutilización de agua, lo cual la vuelve factible de ejecutar en su totalidad.

1.5. Estructura del trabajo

En el Capítulo 2 se muestra la evaluación hidrosanitaria y la estimación de caudales mediante la instalación de medidores y posteriores lecturas de consumo semanal en los edificios de: Administración de Empresas, Psicología, Ciencia y Tecnología y el Bloque E1. El resultado final es el caudal medio diario para abastecer a los edificios.

En el Capítulo 3 se describe el diseño hidráulico de la red de distribución agua para la descarga de aparatos sanitarios de los edificios, usando el programa libre de cálculo para redes EPANET, donde se verificarán los diferentes criterios de diseño. La

principal fuente de abastecimiento será el agua subterránea extraída mediante pozos existentes en los predios de la Universidad.

En el Capítulo 4 se describe la evaluación económica del estudio, en donde se determina la inversión inicial para la nueva red para descargas sanitarias a través de un presupuesto. Además, se realiza un análisis de consumos y tarifas de planillas de agua de los últimos 3 años de la Universidad del Azuay.

El Capítulo 5 describe los resultados obtenidos de la estimación de ahorro en volumen de agua y costos con la implementación de la nueva red de descargas sanitarias.

El Capítulo 6 muestra las conclusiones y recomendaciones del presente estudio.

1.6. Metodología

Este trabajo de investigación se basa en la medición de volúmenes de agua consumidos en un espacio de tiempo, es decir, se obtienen el caudal con datos acercados a la realidad de cada uno de los edificios en estudio, de esta manera, se puede dimensionar los elementos de la red de distribución para abastecer a los edificios.

Para el dimensionamiento de la red de distribución, se considera el caudal medio diario requerido para el diseño de las tuberías y 50% del caudal máximo horario para el diseño de la reserva.

Al tratarse de un sistema de aprovechamiento de aguas subterráneas para la descarga de aparatos sanitarios de los edificios, se realiza el aforo de agua subterránea de tres pozos de extracción que se ubican dentro de los predios de la Universidad. Este caudal medio diario pasará a ser la oferta y la demanda será el caudal medio diario que requieren los edificios en estudio.

Posteriormente, en el estudio se analiza los costos de implementación y puesta en marcha del sistema y se comparan con los registros de pagos de planillas para de esta manera determinar la disminución de los valores a cancelar en las planillas de agua potable de la empresa pública de ETAPA.

1.7. Estado del Arte

La mayor parte de la superficie del planeta, es decir, aproximadamente el 70% está cubierta por agua. Sin embargo, solo un 3% corresponde a agua dulce, la cual en su mayoría se encuentra en forma de hielo. En la actualidad, se reconoce que el agua dulce es un recurso escaso, susceptible de usos alternativos y cuya gestión debe hacer frente a elevados costes, por lo que es factible su tratamiento dentro de la esfera económica, otorgándosele un carácter multifuncional: económico, social y ecológico. (Morales Pérez, Mancheno Saá, & Gamboa Salinas, 2020).

El agua es un elemento de vital importancia para los seres vivos tanto para su consumo como para el desarrollo de sus actividades en la vida diaria. En la actualidad este recurso se está agotando debido en parte al aumento de la población y a las consecuencias del cambio climático. Se estima que para el 2030 el 47% de la población vivirá en estrés hídrico. (UNESCO, 2020)

El uso del agua se puede clasificar en *Instream*, término que hace referencia a la extracción del agua, usos no consuntivos como la navegación, la generación de hidroelectricidad, los usos recreativos, la disolución de desechos, los caudales ecológicos, el mantenimiento de humedales, etc. y *Outstream*, término que hace referencia a la extraída del agua para su utilización en sectores productivos (usos consuntivos) como agricultura, industria y servicios, así como para abastecimiento humano. (Morales Pérez, Mancheno Saá, & Gamboa Salinas, 2020).

El Banco Mundial señala que el agua afecta a todos los aspectos del desarrollo y se relaciona con la mayoría de Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar paz y prosperidad a las personas en 2030, es importante mencionar que el cambio climático muchas veces se manifiesta a través del agua mediante los desastres naturales que afectan a los sistemas alimentarios, energéticos, urbanos y ambientales. Se estima que más de 140 millones de personas serán obligadas a migrar nacionalmente por el cambio climático en 2050. El agua también está relacionada con el crecimiento económico en donde se indica que las tasas de crecimiento económico de algunas regiones podrían disminuir hasta un 6% del PIB (Producto Interno Bruto) en 2050 debido a pérdidas relacionadas con el agua como agricultura, salud, ingresos y prosperidad. (Banco Mundial, 2022)

El cambio climático se viene observando desde el siglo XX con cambios meteorológicos y climáticos extremos. Entre estos cambios están temperaturas extremadamente bajas y altas, subidas en los niveles del mar y aumento de lluvias torrenciales, entre otros. Estos fenómenos afectan directamente a las reservas de aguas terrestres generando disminución en la disponibilidad de agua, uso limitado de agua en la agricultura, industria y suministro doméstico, generación de energía, navegación, pesca y ocio. Se predice que la escasez de agua seguirá aumentando en el futuro, por lo que en 2050 el 52% de la población mundial vivirá en regiones que sufren estrés hídrico. (UNESCO, 2020)

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el estrés hídrico se define como la proporción que existe entre la demanda de agua de todos los sectores y la oferta de agua de los recursos hídricos disponibles. Cuando la demanda de recurso hídrico es mayor que la oferta durante un periodo de tiempo determinado en una región, es posible entonces mencionar que se genera estrés hídrico. Frente al estrés, se han descrito dos tipos de respuestas donde la primera consiste en las herramientas de prevención al estrés, conocidas en conjunto como mecanismo de prevención, y, por otro lado, mecanismos conocidos como mecanismos tolerantes, por ejemplo, el reúso de las aguas residuales. (Villa Hoyos, 2020)

Reutilización de agua

Las aguas residuales (AR), son aquellas aguas que son alteradas en sus características físicas, químicas y microbiológicas por diferentes procesos antrópicos. Se pueden clasificar en aguas residuales de origen doméstico (ARD) o aguas residuales no domésticas (ARnD) que pueden provenir del sector industrial, eléctrico, pecuarios, agrícola, aguas pluviales entre otros. Estas aguas pueden ser objeto de aprovechamiento y uso en diferentes procesos. (Villa Hoyos, 2020)

El reúso de AR se basa en el aprovechamiento del agua previamente utilizada, una o más veces en alguna actividad para suplir las necesidades de otros usos. Con base a lo anterior, el reúso se puede clasificar en reúso indirecto no planeado, reúso indirecto planeado, y reúso directo planeado. El reúso indirecto no planeado consiste en recuperar el agua de un efluente para ser reintroducida en un cuerpo de agua, sea superficial o subterránea, que pueda servir posteriormente para ser potabilizada. El

reúso indirecto planeado ocurre cuando los efluentes que ya se sometieron a tratamiento son descargados de manera planeada a los cuerpos hídricos receptores con el fin de ser utilizados de manera intencional y beneficiosa en alguna actividad. Se trata de reúso directo planeado cuando los efluentes se utilizan directamente en alguna actividad de manera beneficiosa. (Villa Hoyos, 2020)

La reutilización de aguas residuales (AR), se constituye en una estrategia sustentable de gestión de los recursos hídricos, motivada esencialmente por la escasez de agua, WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas, París, 2017) reconocen el reúso de AR como una de las fases clave para el manejo de AR, que se constituye en un pilar fundamental de la economía circular.

De las AR domésticas, las que presentan mayor potencial de reutilización son las aguas grises (AG), debido a su menor contaminación, si se las compara con las aguas negras, mayor facilidad de tratamiento y menor riesgo asociado a su reutilización (Meléndez , Lemos, Domínguez, & Oviedo, 2019)

Aguas grises

Puede definirse al agua gris como el líquido residual domiciliario proveniente de duchas, máquinas de lavar, piletas, etcétera (Gross *et al.* 2007). La calidad del agua gris depende de las actividades de la población que la origina y de su procedencia. Este líquido residual contiene jabón, detergentes, shampoo, aceites, grasas y diversas sustancias químicas. La contaminación más significativa proviene de los detergentes. En este tipo de agua también puede encontrarse bacterias, parásitos y virus aportados por el agua de ducha, lavaderos y fregaderos. Si bien el agua gris contiene menor contaminación fecal que los líquidos del alcantarillado, ambos fluidos residuales representan un riesgo para la salud humana tanto por la presencia de compuestos químicos como de microorganismos patógenos (Lucke 2003). Las aguas grises representan la mayor fuente potencial de ahorro de agua en las viviendas, representan entre el 50 y 80 % del uso total de agua.

Las aguas grises no tienen mal olor después de ser descargadas, pero si se produce estancamiento se van a generar olores ya que los microorganismos presentes en ellas van a consumir oxígeno disponible y habrá mayor presencia de bacterias anaeróbicas, que además de dar mal olor, pueden crear un ambiente propicio para el desarrollo de agentes patógenos (Liu *et al.*, 2010). Además, es importante resaltar que las aguas

grises contienen Fósforo, Potasio y Nitrógeno, que convierte a las mismas en una fuente de nutrientes para el riego.

En la Tabla se presentan las características de las aguas grises dependiendo de su origen (NSW. 2000; y Imhof, Muhlemann. 2005).

Tabla 1. Características de las aguas grises.

Origen	Características
Lava vajillas	<ul style="list-style-type: none"> - Altamente contaminada con partículas de comida, aceites y grasas. - Cantidades variables de coliformes. - Generalmente presenta mayor cantidad de SST que las aguas servidas. - Crecimiento de microorganismos. Descomposición rápida. Mal olor - Contiene detergentes, blanqueadores, espumas. - Alta demanda de oxígeno - Usualmente se considera como agua negra.
Duchas, tina y lavamanos	<ul style="list-style-type: none"> - Generalmente corresponde al agua menos contaminada (aguas grises claras) - Puede contener orina, que es estéril en personas sanas, no obstante, algunas infecciones la vejiga pueden hacer que exista presencia de microorganismos, el potencial de estos para sobrevivir y causar infecciones es considerado remoto. - Contiene pelos y productos de limpieza como jabón, shampoo y pasta de dientes. - Baja demanda de oxígeno.
Lavadora	<ul style="list-style-type: none"> - Contiene coliformes. - Contiene detergentes (sodio, fósforo, boro, amonio, nitrógeno). Espumas - Alto pH. - alta salinidad. - Alta cantidad de sólidos suspendidos (pelusas=, alta turbiedad.

Fuente: NSW,2000; y imhof, Muhlemann,2005.

El agua gris tiene menor contenido de patógenos que las aguas grises del inodoro, pero aún podría comportar un riesgo para la salud, ya que es susceptible de contener diferentes virus patógenos, bacterias, protozoos y parásitos intestinales. Muchas autoridades de todo el mundo siguen viendo el agua gris como un riesgo para la salud. La principal fuente de estos agentes patógenos son las heces de personas infectadas que contaminan el agua gris al lavarse las manos después de usar el inodoro, así como lavar a los niños después de la defecación y el lavado de ropa posterior. El agua gris tiene, por lo tanto, mayor concentración de patógenos si hay bebés y niños pequeños en un hogar. Lavar la carne y vegetales crudos también puede contaminar el agua gris con agentes patógenos. El promedio de concentración de coliformes fecales en agua gris varía de 103-106 UFC/100 ml hasta 107-108 UFC/100 ml. (Morel y Diener, 2006).

Dispositivos y Sistemas de Ahorro de Agua

En los últimos años el ahorro y la reutilización del agua ha venido en auge debido a que es indispensable para el ser humano y además de eso, es un recurso finito. Por eso, se han desarrollado dispositivos y sistemas sencillos para generar un ahorro de agua en las actividades diarias que más litros consumen. Es el caso, por ejemplo, de la captación de aguas pluviales, la cual nos permite disponer una reserva de agua lluvia en tejados y terrazas que, conectados a desagües se usa en jardines, huertos, inodoros y podría servir para el consumo humano posteriormente tratada. Asimismo, existe el sistema de mono comando en grifería, la cual garantiza la inexistencia de goteos. En los sistemas de mono comando con apertura en frío parte de la posición central de la palanca con un 100% de agua fría y a medida que se gira la palanca va añadiendo agua caliente, además si se adquiere grifos con tope en la apertura a medida que se empuja la palanca se obtiene más caudal, limitando de esta forma el consumo de agua. Existe también un accesorio sencillo como el aireador de grifo que mezcla el aire con el agua para disminuir así el caudal de salida y ahorrar hasta un 50% de agua, además su sistema minimiza las salpicaduras. Las griferías termostáticas, las cuales se destinan principalmente a duchas o bañeras con ducha en las cuales se utiliza un material termosensible que se contrae o se expande según la temperatura, lo cual permite el ahorro de agua al mantener la misma temperatura desde el inicio y además cuenta con un limitador de caudal el cual ahorra hasta un 50% de agua. (Porri, 2019)

Aquareturn es un dispositivo que debe ser instalado por única vez en un solo lugar y funciona en todos los demás grifos, este sistema evita el derroche de agua mientras se espera la temperatura deseada, su función se basa en una bomba que recircula el agua de la tubería de agua caliente a través de la de agua fría, esto permite ahorrar agua en todos los baños. En las duchas se puede utilizar un adaptador ecológico entre el flexor y mango para minimizar el consumo de agua a menos de 9.4 l/min. *Waterpebble* es un dispositivo pequeño a base de sensores diseñado para ahorrar agua, su función se basa en memorizar la duración del primer lavado y compararlo con las solicitudes posteriores emitiendo luces que van de verde a roja si se prolonga el uso de agua. Existen también los mangos de ducha con *eco-stop*, que permiten un ahorro de 60% de consumo por ducha al permitir el corte de salida de agua y reestablecerla con la misma temperatura y caudal. (Porri, 2019)

La reutilización de aguas grises consiste en la recolección de aguas provenientes de duchas y bañeras para utilizarlas en cisternas para su uso en los inodoros. Se han desarrollado diferentes modelos de este principio que generan un ahorro del 35-45% de consumo de agua. Entre los modelos están: acoplar al urinario un lavabo que permita reciclar el agua mediante un sistema de limpieza que evita los malos olores y bacterias en el agua; otro modelo es la ducha ecológica que utiliza el agua usada de la ducha para llenar el estanque del urinario. Asimismo, se ha desarrollado una ducha innovadora que atomiza las partículas de agua generando más superficie que una ducha convencional, la compañía *Nebia* que desarrolló el prototipo, menciona que este utiliza 70% menos agua que una ducha típica. (Porri, 2019)

Del mismo modo, (Mahdjoubi, 2015) con financiación de la NASA diseñó la ducha *OrbSys* que permite ahorrar un 90% de agua y 80% de energía. Este mecanismo es usado en expediciones en el espacio, en donde lavan y beben de la misma fuente, por lo que es importante la reutilización del agua. “Este sistema es extremadamente eficiente y sencillo: un circuito cerrado en el que el agua caliente del grifo que va al desagüe, se purifica al instante convirtiéndose en agua potable, esta se bombea para que vuelva a salir por el cabezal de la ducha, manteniendo el calor durante todo el proceso”

(Catellanos & Garcia, 2015), realizaron un prototipo para la recolección de aguas lluvias para uso doméstico en un barrio de Bogotá. Dicho proyecto tiene un sistema que controla el llenado de las canecas cuando alcanzan su máxima capacidad, además de que este inicia la recolección de agua cinco minutos después de que la precipitación haya comenzado con el fin de que el agua no arrastre sedimentos ni materiales sólidos. El prototipo incorpora un filtro que con solo exponerlo a los rayos ultravioleta UV por varias horas recuperan sus propiedades.

(Morales, 2020) En su investigación sobre un sistema de purificación de aguas grises para la reutilización en actividades de riego explica que el diseño mixto del sistema consta de dos partes conectadas entre sí. El primero es un sistema de recogida de aguas grises, con una capacidad de 100 litros, la segunda parte cuenta con tres filtros mecánicos, cada uno con una capacidad de 600 litros. La base de cada filtro se compone de tres capas; la primera capa de piedra fluvial de 1", la segunda de hormigón, y la última de arena mezclada con 0,06 m³ de carbón generado a partir de madera.

(Guerra Romero, 2019) Realiza una investigación sobre la metodología para la reutilización de aguas lluvias y grises en edificaciones en donde resalta que hay que tomar medidas para revertir la tendencia actual del consumo de agua potable, ya que alrededor de 1800 millones de personas alrededor del mundo en 2025 vivirán en países o regiones con escasez absoluta de agua y dos terceras partes de la población mundial podrían hacerlo en condiciones de estrés hídrico. Los Gobiernos Municipales juegan un rol fundamental para erradicar la pobreza mediante la provisión de servicios de calidad de agua potable y saneamiento.

En Estados Unidos se han ideado varios métodos para la reutilización de aguas grises. Un método de lavado de un inodoro que incluye la apertura de una primera válvula para introducir un primer suministro de agua gris en un pasaje para preparar un sifón; abrir una segunda válvula para introducir un segundo suministro de agua en un recipiente desde un tanque, el recipiente tiene una salida que está en comunicación fluida con una entrada del pasaje; cerrar la primera válvula para cortar el primer suministro de agua; evacuar el contenido del recipiente a través de una salida del pasaje a través del sifón generado por la introducción del primer suministro de agua y la introducción del segundo suministro de agua; y cerrar la segunda válvula para cortar el segundo suministro de agua. (Herrera & García, 2021)

Otro método es descrito de la siguiente manera:

El inodoro de aguas grises utiliza sólo agua gris generada a partir de un fregadero adyacente con el fin de operar dicho inodoro en un esfuerzo por disminuir el uso de agua dulce. El inodoro incluye un tanque de inodoro que incorpora un deflector que separa dicho tanque de inodoro en una primera porción y una segunda porción. La primera porción está en comunicación fluida directa con la línea de drenaje de un fregadero adyacente, y que es responsable de vaciar el inodoro al utilizar un mango de descarga o una varilla de pop ubicada en el fregadero adyacente. El grifo del fregadero adyacente suministra agua de dos fuentes, una línea de agua caliente y una línea de agua fría que se encuentran bajo dicho fregadero, y una línea de agua de inodoro que se extiende desde la válvula de llenado dentro del inodoro. (Herrera & García, 2021)

En Canadá, la empresa Eco agua se dedica a tratar el agua residual de las viviendas por medio de un sistema de bacterias. Por otra parte, países como Japón han hecho investigaciones desde el siglo pasado (década de los 60) luego de que éste fuera

afectado por una sequía; dicho país está más enfocado en la reutilización de aguas grises para llenar los tanques de los inodoros de edificios y conjuntos residenciales. De manera similar, Australia tiene gran interés en no solo reutilizar las aguas grises sino también las aguas lluvias, esto para su reúso en actividades como el lavado de autos. Asimismo, China ha tomado varias medidas para la regulación de la reutilización de aguas grises a gran escala para edificios institucionales y residenciales. En México, se han propuesto varias prácticas para tratar el agua en casa, entre estas utilizando un filtro y reutilizando el agua para regar árboles, plantas, lavar el carro, pisos y baños. De esta manera, se optimiza el uso del agua y el agua potable se utiliza para cocinar, beber y bañarse. (Instituto Carlos Slim De La Salud, 2012)

En España, (Humilde, 201) se propone una práctica al alcance de todos, consiste en un sistema en el que se puede regenerar el agua gris proveniente de lavamanos y duchas para reutilizarse como agua de riego de jardines o en la carga de cisternas de inodoros. Como es de conocimiento general, en la mayor parte de las edificaciones públicas y privadas de nuestra ciudad, se abastecen de la red de agua municipal para el consumo humano, así como para la descarga de aparatos sanitarios. Los últimos, son prescindibles y se pueden reemplazar por aguas reusadas.

La empresa ETAPA EP busca garantizar un servicio de agua potable dentro del cantón Cuenca, es por ello que cuenta con 33 Centro de Reserva ubicados estratégicamente en varios sectores de la ciudad de Cuenca con una capacidad total de 120000m³ de reserva. En el área rural, cuenta con plantas con reservas necesarias y suficientes para la población abastecida. Las redes de distribución de Agua Potable alcanzan una cobertura del 96% en el área Urbana y un 88% en el área Rural. (ETAPA EP, 2023)

(Baquero, 2018) realizó una investigación sobre el consumo real de agua potable en la ciudad de Cuenca, Ecuador, así como la situación de este recurso en el mundo. Se trata sobre un sistema de reutilización de aguas grises provenientes de lavamanos, duchas y lavadoras que se utilizará en el proyecto de vivienda multifamiliar en la ciudad. Este se aplica en un anteproyecto que consiste en dos torres multifamiliares que contarán con 348 habitantes, lo que permitirá un ahorro de agua y reutilización a mayor escala que si se realizara en una vivienda unifamiliar.

Es decir, la ciudad y las personas, están cambiando la forma de aprovechamiento del agua, sin duda, las investigaciones sobre el reúso del agua al implantar métodos o

tecnologías sustentables/sostenibles para reusar el agua, economiza y cuida del planeta.

CAPÍTULO 2

2. EVALUACIÓN ACTUAL DE LAS REDES INTERNAS Y ESTIMACIÓN DE CAUDALES

2.1. Estado actual de las redes de abastecimiento de agua potable e infraestructura.

2.1.1. Edificios de Administración de Empresas y Psicología.

Los edificios de Administración de Empresas y Psicología son edificios que poseen la misma cantidad de superficie construida y con la misma distribución de aulas y espacios se puede decir que con la misma población a servir. Arquitectónicamente, están compuestos de una planta baja y cuatro plantas altas, dos ascensores y dos baterías sanitarias en el primer, segundo y tercer piso alto. En planta baja se encuentran los decanatos de facultad y demás dependencias administrativas, recalcando que no existe baterías sanitarias en este nivel y que los baños administrativos se abastecen por una red diferente. Los pisos altos que cuentan con baterías sanitarias independientes para hombres, mujeres y personas con discapacidad.

Actualmente estos edificios cuentan con una red de distribución de agua potable separada, es decir, en cada uno de estos y de forma independiente, existen 4 columnas de agua de 1 ½ pulgadas (38,10 mm) que abastecen a la red de la siguiente manera: una columna de agua para todos los lavamanos de hombres y otra para el uso sanitario (inodoros y urinarios).

Si bien estos edificios cuentan con algunos años de funcionamiento, las remodelaciones y nuevas intervenciones que ha realizado la Universidad han sido enfocadas en reducir el consumo de agua, pero en la actualidad se sigue usando agua potable para ambos servicios.

A continuación, se describe la composición de las baterías sanitarias de mujeres y hombres, la misma distribución para los edificios de administración de Empresas y psicología, con el objeto de conocer la cantidad de aparatos sanitarios que abastece.

Tabla 2. Descripción de las baterías sanitarias de mujeres en los edificios de Administración de empresas y Psicología.

EDIFICIOS DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS Y PSICOLOGÍA: COLUMNA PARA USO SANITARIO DE MUJERES (INDEPENDIENTEMENTE)			
No. DE PISO	CANTIDAD	APARATO SANITARIO	UBICACION
Planta Baja	0.00	Aparatos sanitarios	
1ra planta alta	3.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de mujeres
2da planta alta	3.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de mujeres
3ra planta alta	3.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de mujeres

Fuente: Autor.

Tabla 3. Descripción de las baterías sanitarias de mujeres en los edificios de Administración de empresas y Psicología.

EDIFICIOS DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS Y PSICOLOGÍA: COLUMNA PARA LAVAMANOS DE MUJERES (INDEPENDIENTEMENTE)			
No. DE PISO	CANTIDAD	APARATO SANITARIO	UBICACION
Planta Baja	0.00	Aparatos sanitarios	
1ra planta alta	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de mujeres
2da planta alta	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de mujeres
3ra planta alta	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de mujeres

Fuente: Autor.

Tabla 4. Descripción de las baterías sanitarias de hombres en los edificios de Administración de empresas y Psicología.

EDIFICIOS DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS Y PSICOLOGÍA: COLUMNA PARA USO SANITARIO DE HOMBRES (INDEPENDIENTEMENTE)			
No. DE PISO	CANTIDAD	APARATO SANITARIO	UBICACION
Planta Baja	0.00	Aparatos sanitarios (inodoros y urinarios)	Baño de hombres
1ra planta alta	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinarios con botón para descarga	Baño de hombres
2da planta alta	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres

	1.00	Urinarios con botón para descarga	Baño de hombres
3ra planta alta	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinarios con botón para descarga	Baño de hombres

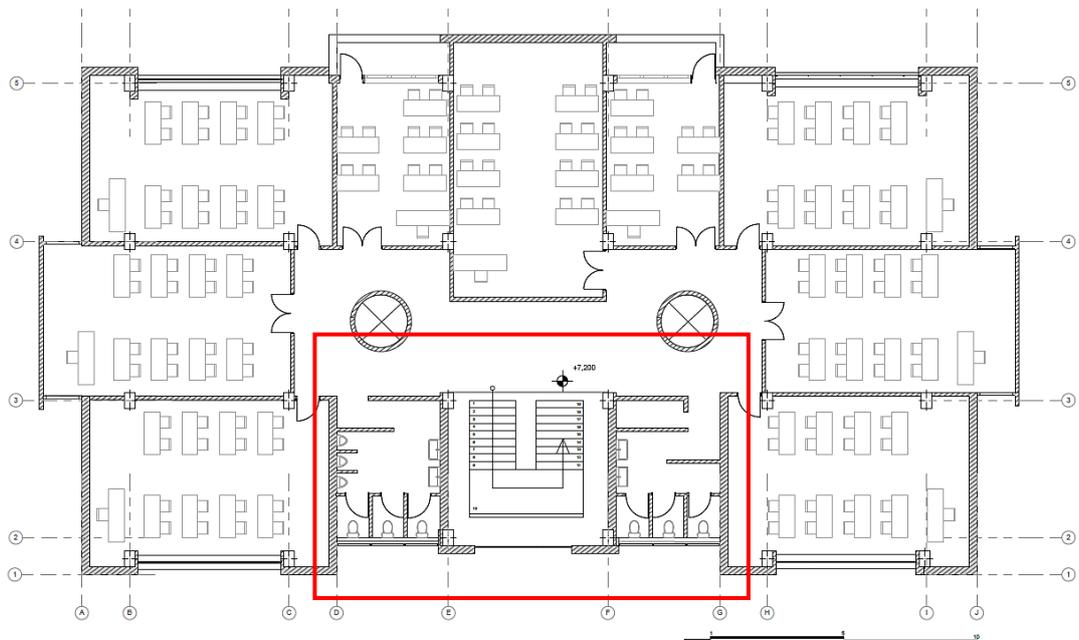
Fuente: Autor.

Tabla 5. Descripción de las baterías sanitarias de hombres en los edificios de Administración de empresas y Psicología.

EDIFICIOS DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS Y PSICOLOGÍA: COLUMNA PARA LAVAMANOS DE HOMBRES (INDEPENDIEMENTE)			
No. DE PISO	CANTIDAD	APARATO SANITARIO	UBICACION
Planta Baja	0.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de hombres
1ra planta alta	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de hombres
2da planta alta	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de hombres
3ra planta alta	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de hombres

Fuente: Autor.

Figura 1. Distribución tipo de las baterías sanitarias de los edificios de Administración de Empresas y Psicología. Segunda Planta Alta.



Fuente: Levantamiento de edificios existentes, Paulina Avilés Parra.

2.1.2. Edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1)

El edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas constituye una de las más recientes intervenciones que ha realizado la Universidad del Azuay. En su diseño se ha buscado la manera de reducir el impacto ambiental y la huella de agua. Este edificio está constituido por una planta baja y cinco plantas altas, con cinco entreplantas o medios pisos adosados a este bloque principal. En total 10 baterías sanitarias.

En la planta baja se encuentran oficinas y dependencias administrativas, algunas de ellas con baños de uso personal. En cada uno de los cinco <entrepisos> se cuenta con una batería sanitaria para hombres y mujeres, con su respectivo baño para personas con discapacidad. En los <pisos> altos, se tiene cinco baterías sanitarias más para hombres y mujeres.

Al igual que en los otros edificios, el abastecimiento de agua para estas baterías se compone de dos redes de 1 ¼ mm (32mm) una para lavamanos y otra de 1 1 ½” (38.1mm) para la descarga de aparatos sanitarios de hombres y mujeres, en total existen cuatro columnas de agua para el abastecimiento completo.

A continuación, se describe la composición de las baterías sanitarias correspondientes a los entre pisos con el objeto de conocer la cantidad de aparatos sanitarios que abastece.

Tabla 6. Descripción de las baterías sanitarias del Bloque E1 (Entrepisos).

EDIFICIO DE MEDICINA Y CIENCIAS JURIDICAS (BLOQUE E1): COLUMNA DE AGUA PARA USO SANITARIO (ENTREPISOS)			
No. DE PISO	CANTIDAD	APARATO SANITARIO	UBICACION
Nivel PB +0.00	0.00	Ninguno	Planta Baja
Entrepiso +1.58	2.00	Inodoros con tanque de una descarga	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinarios con descarga temporizada	Baño de hombres
Entrepiso +4.58	2.00	Inodoros con tanque de una descarga	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinarios con descarga temporizada	Baño de hombres

Entrepiso +7.58	2.00	Inodoros con tanque de una descarga	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinaris con descarga temporizada	Baño de hombres
Entrepiso +10.58	2.00	Inodoros con tanque de una descarga	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinaris con descarga temporizada	Baño de hombres
Entrepiso +13.58	2.00	Inodoros con tanque de una descarga	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinaris con descarga temporizada	Baño de hombres

Fuente: Autor.

Tabla 7. Descripción de las baterías sanitarias del Bloque E1 (Entrepisos).

EDIFICIO DE MEDICINA Y CIENCIAS JURIDICAS (BLOQUE E1): COLUMNA DE AGUA PARA LAVAMANOS (ENTREPISOS)			
No. DE PISO	CANTIDAD	APARATO SANITARIO	UBICACION
Planta Baja	0.00	Ninguno	Planta Baja
Entrepiso +1.58	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de hombres
Entrepiso +3.58	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de hombres
Entrepiso +7.58	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de hombres
Entrepiso +10.58	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de hombres
Entrepiso +13.58	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de hombres

Fuente: Autor.

A continuación, se describe la composición de las baterías sanitarias correspondientes a los pisos con el objeto de conocer la cantidad de aparatos sanitarios que abastece.

Tabla 8. Descripción de las baterías sanitarias del Bloque E1 (Pisos).

EDIFICIO DE MEDICINA Y CIENCIAS JURIDICAS (BLOQUE E1): COLUMNA DE AGUA PARA USO SANITARIO (SOLO B.S. DE LOS PISOS)			
No. DE PISO	CANTIDAD	APARATO SANITARIO	UBICACION
Nivel PB +0.00	8.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Administrativos
Nivel 1 +3.00	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinarios con descarga temporizada	Baño de hombres
Nivel 2 +6.00	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinarios con descarga temporizada	Baño de hombres
Nivel 3 +9.00	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinarios con descarga temporizada	Baño de hombres
Nivel 4 +12.00	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinarios con descarga temporizada	Baño de hombres
Nivel 5 +15.00	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de doble descarga	Baño de hombres
	1.00	Urinarios con descarga temporizada	Baño de hombres

Fuente: Autor.

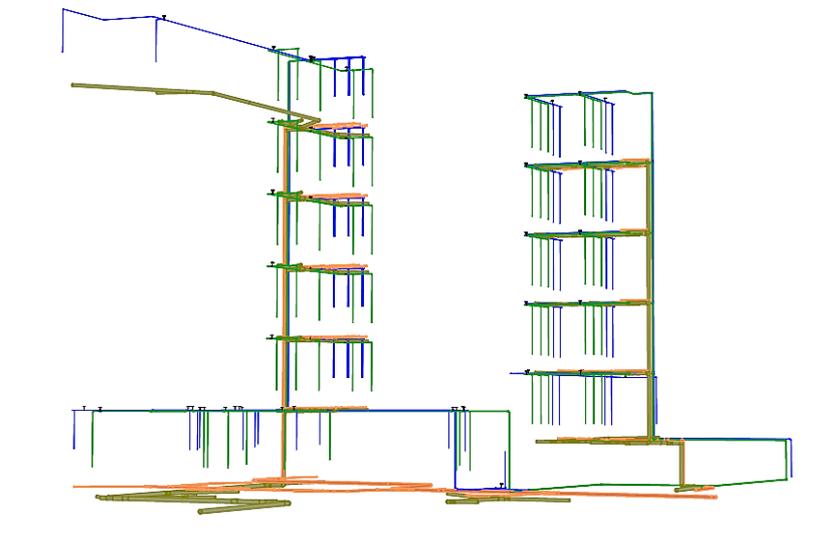
Tabla 9. Descripción de las baterías sanitarias del Bloque E1 (Pisos).

EDIFICIO DE MEDICINA Y CIENCIAS JURIDICAS (BLOQUE E1): COLUMNA DE AGUA PARA LAVAMANOS (SOLO B.S. DE LOS PISOS)			
No. DE PISO	CANTIDAD	APARATO SANITARIO	UBICACION
Planta Baja	8.00	Lavamanos con grifería mono comando	Administrativos
Nivel 1 +3.00	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de hombres
Nivel 2 +6.00	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de hombres
Nivel 3 +9.00	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de hombres
Nivel 4 +12.00	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de hombres
Nivel 5 +15.00	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería mono comando	Baño de hombres

Fuente: Autor.

Figura 2. Distribución de las redes de agua potable y desagües del edificio Bloque E1.

VISTA 3D:



SIMBOLOGÍA:

	AGUA DE CONSUMO
	AGUA DE RECIRCULACIÓN
	AGUA CALIENTE
	AGUA JABONOSA
	AGUA SERVIDA
	AGUA LLUVIA

Fuente: Diseño Hidrosanitario del Bloque E1, Ing. Patricia Palacios.

2.1.3. Edificio de Ciencia y Tecnología.

En el caso del edificio de Ciencia y Tecnología se tiene que el edificio principal está compuesto de planta baja y de tres plantas altas. En planta baja se encuentran laboratorios para estudiantes y áreas administrativas, que no posee baterías sanitarias, los pisos altos son espacios para aulas en su mayoría y no se dispone de ascensores.

El abastecimiento de agua potable tanto a lavamanos y para uso sanitario proviene de una sola tubería de 1 ½" (38.1mm) de diámetro que sirve a las baterías sanitarias de hombres y mujeres ubicadas el primer y segundo piso alto, la tercera planta alta no dispone de baños.

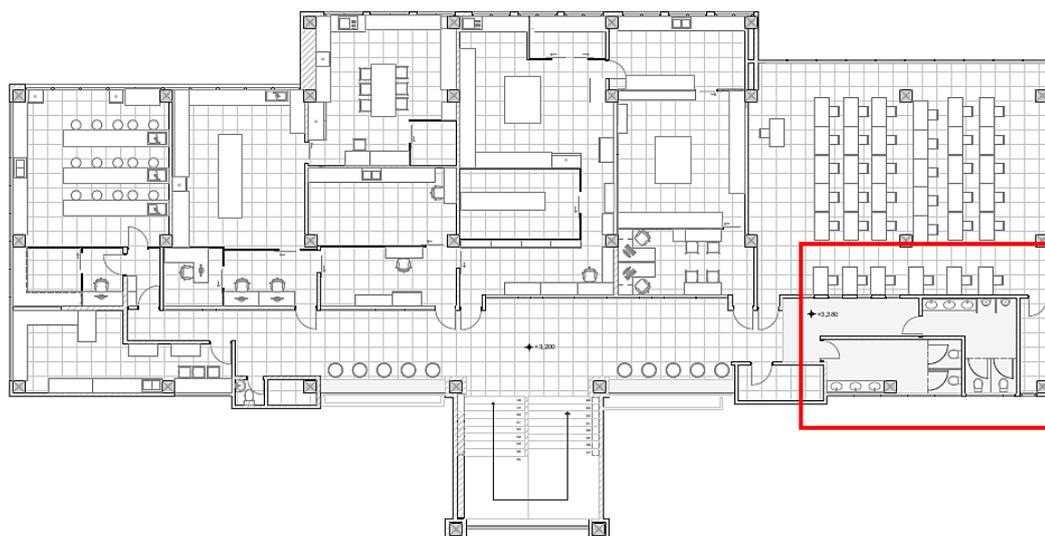
A continuación, se describe la composición de las baterías sanitaria con el objeto de conocer la cantidad de aparatos sanitarios que abastece.

Tabla 10. Descripción de las baterías sanitarias del edificio de Ciencia y Tecnología

EDIFICIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA: COLUMNA DE AGUA PARA LAVAMANOS, INODOROS Y URINARIOS			
No. DE PISO	CANTIDAD	APARATO SANITARIO	UBICACION
Planta Baja	0.00	Aparatos sanitarios	
Nivel 1	2.00	Inodoros con tanque de una descarga	Baño de mujeres
	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de mujeres
	2.00	Inodoros con tanque de una descarga	Baño de hombres
	3.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de hombres
	2.00	Urinarios con grifería temporizada	Baño de hombres
Nivel 2	1.00	Inodoro con tanque de una descarga	Baño de mujeres
	2.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de mujeres
	1.00	Inodoro con tanque de una descarga	Baño de hombres
	2.00	Lavamanos con grifería temporizada	Baño de hombres
	1.00	Urinarios con grifería temporizada	Baño de hombres
Nivel 3	0.00	Aparatos sanitarios	

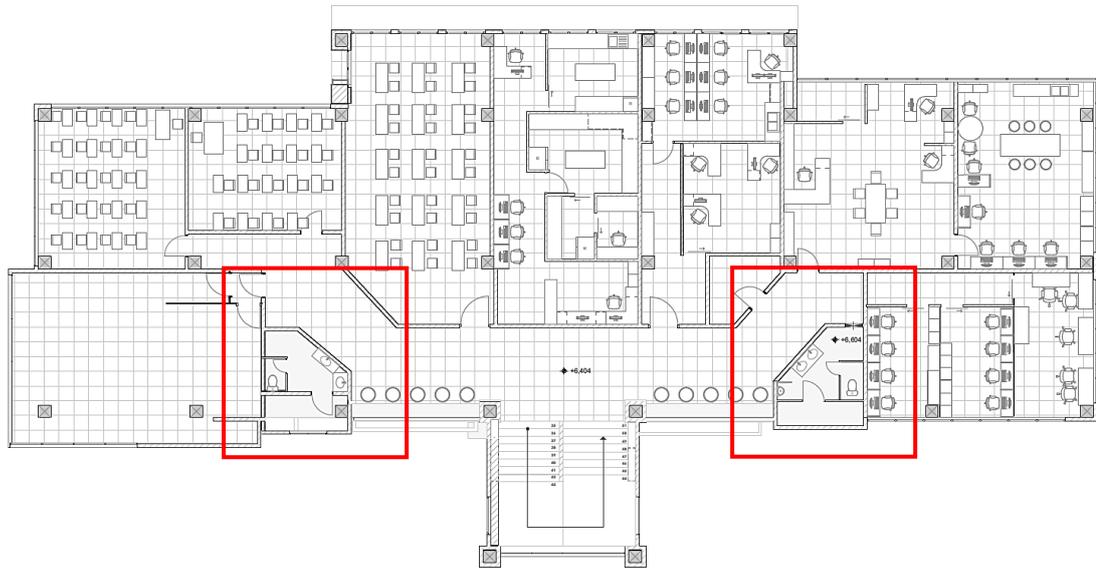
Fuente: Autor.

Figura 3. Distribución de las baterías sanitarias del edificio de Ciencia y Tecnología. Primera Planta Alta.



Fuente: Levantamiento del edificio de Ciencia y Tecnología, Planeación.

Figura 4. Distribución de las baterías sanitarias del edificio de Ciencia y Tecnología. Segunda Planta Alta.



Fuente: Levantamiento del edificio de Ciencia y Tecnología, Planeación.

2.2. Cálculo de caudales

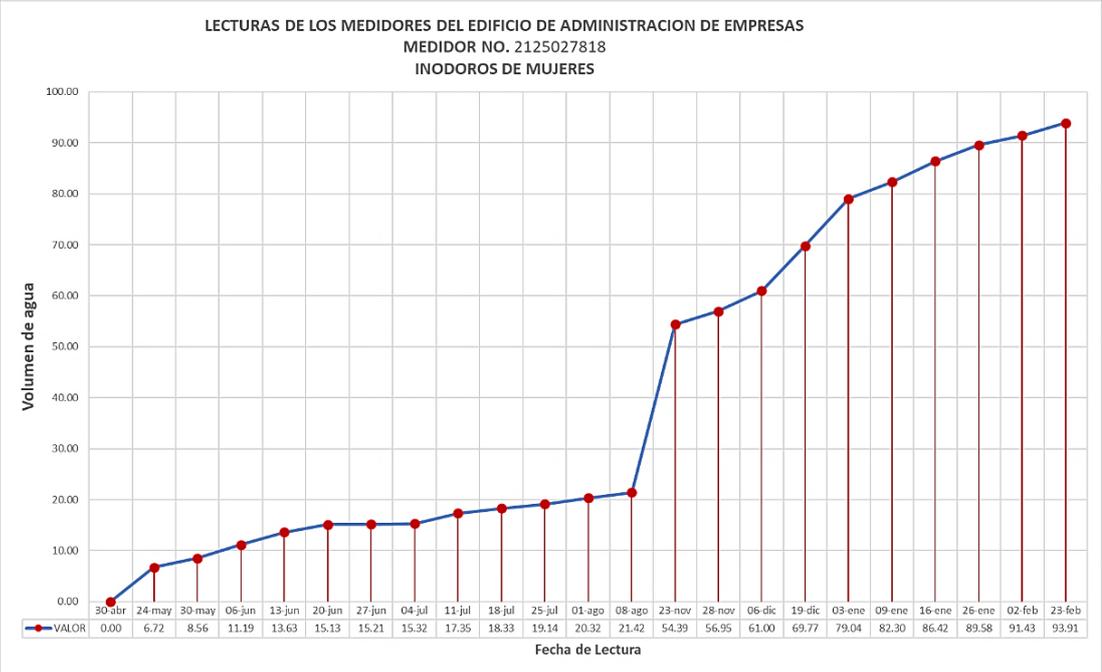
2.2.1. Caudal medio diario de baterías sanitarias de mujeres en los edificios de Administración de Empresas y Psicología.

El caudal medio diario para los edificios de Administración de Empresas y Psicología se obtuvo mediante la instalación y posteriores lecturas de contadores de caudal de 1" en cada columna de agua (lavamanos y usos sanitarios) de mujeres. Estos medidores se instalaron en el edificio de Administración de empresas, del cual obtendremos los datos de consumo. Sin embargo, al tratarse de edificios gemelos arquitectónicamente y con igual población a servir, se considerará que ambos edificios requieren igual demanda de caudal.

Las mediciones se realizaron en el periodo comprendido entre el 14 de mayo de 2022 hasta el 23 de febrero de 2023, fecha en la que se terminó el ciclo académico en la Universidad del Azuay.

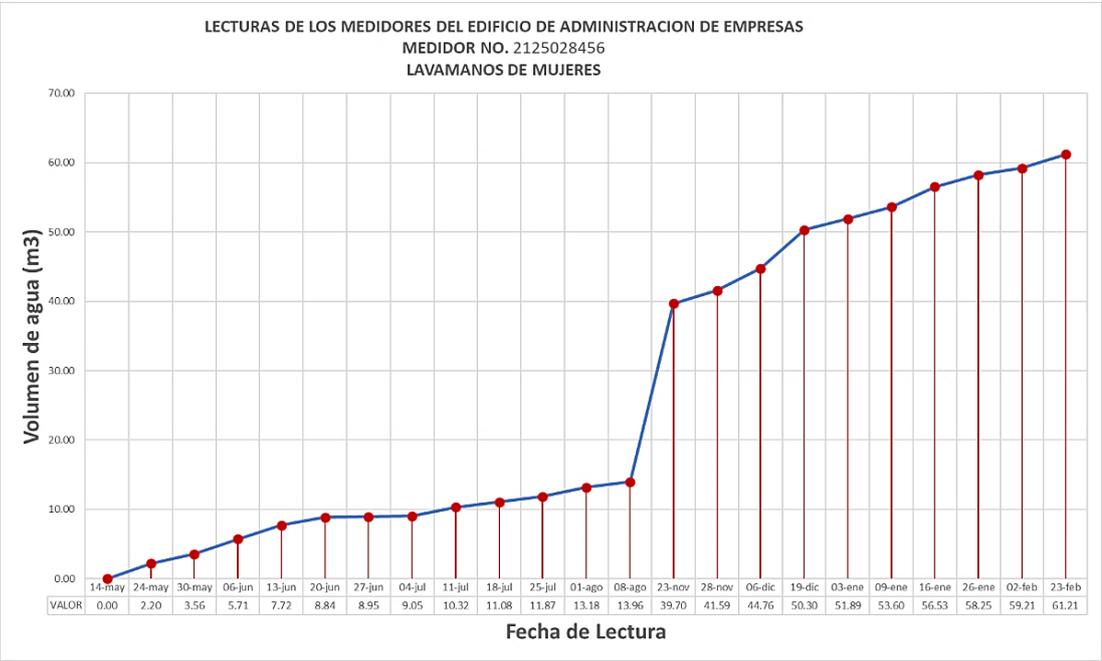
Los datos que se ven a continuación muestran el incremento semanal acumulado del consumo de agua potable en las baterías sanitarias del edificio de Administración de Empresas en el baño de mujeres.

Figura 5. Consumos acumulados de agua potable para uso sanitario de mujeres, edificio de Administración de Empresas



Fuente: Autor.

Figura 6. Consumos acumulados de agua potable para lavamanos de mujeres, edificio de Administración de Empresas



Fuente: Autor.

A partir de las lecturas semanales de consumo de los contadores, se obtuvo un caudal medio diario mediante la fórmula básica de cálculo, $Q_{med} = V / t$, donde Q_{med}

es el caudal medio, V = Volumen de agua consumida en (m^3) y t el tiempo en (días), obteniendo el caudal en ($m^3/día$). Posteriormente se calcula aritméticamente el caudal promedio, el máximo y el mínimo con los valores obtenidos.

Es importante mencionar que el volumen registrado corresponde a la columna de agua que abastece las baterías sanitarias de mujeres y personas con discapacidad del primer, segundo y tercer piso altos del edificio con todos sus aparatos sanitarios y lavamanos en funcionamiento.

Para el análisis de los caudales máximos, mínimos y promedios diarios para uso sanitario y para los lavamanos, se descartaron los valores registrados en las semanas del 20 de junio al 04 de julio de 2022, debido que se produjeron manifestaciones en el país que obligaron a suspender las clases, esto con el fin de no afectar los promedios. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 11. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario del edificio de Administración de Empresas.

EDIFICIO DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS					
CAUDALES DIARIOS PARA USO SANITARIO DE MUJERES					
FECHA INICIO	FECHA FIN	Nª DIAS	VOLUMEN	CAUDAL ($m^3/día$)	OBSERVACIONES
30-abr	24-may	24	6.72	0.280	CLASES NORMALES
24-may	30-may	6	1.84	0.307	CLASES NORMALES
30-may	06-jun	7	2.63	0.376	CLASES NORMALES
06-jun	13-jun	7	2.44	0.349	CLASES NORMALES
13-jun	20-jun	7	1.50	0.214	CLASES NORMALES
20-jun	27-jun	7	0.08	0.011	PARO NACIONAL
27-jun	04-jul	7	0.11	0.016	PARO NACIONAL
04-jul	11-jul	7	2.03	0.290	CLASES NORMALES
11-jul	18-jul	7	0.98	0.140	CLASES NORMALES
18-jul	25-jul	7	0.81	0.116	SUPLETORIOS
25-jul	01-ago	7	1.18	0.169	SUPLETORIOS
01-ago	08-ago	7	1.10	0.157	FIN DE CLASE
08-ago	23-nov	107	32.97	0.308	CLASES NORMALES
23-nov	28-nov	5	2.56	0.512	CLASES NORMALES
28-nov	06-dic	8	4.05	0.506	CLASES NORMALES
06-dic	19-dic	13	8.77	0.675	CLASES NORMALES
19-dic	03-ene	15	9.27	0.618	CLASES NORMALES
03-ene	09-ene	6	3.26	0.543	CLASES NORMALES
09-ene	16-ene	7	4.12	0.589	CLASES NORMALES
16-ene	26-ene	10	3.16	0.316	FIN DE CICLO

26-ene	02-feb	7	1.85	0.264	INTERCICLO
02-feb	23-feb	21	2.48	0.118	INTERCICLO

Fuente: Autor.

Q mínimo	0.116	m3/día
Q máximo	0.675	m3/día
Q promedio	0.342	m3/día

El caudal promedio que demanda para uso sanitario de este edificio Q demanda = 0.342 m3/día para el edificio de Administración de Empresas y a su vez el mismo para el edificio de Psicología, obteniendo un caudal total para ambos edificios de **Q total demanda = 0.684 m3/día.**

Tabla 12. Cálculo del caudal medio diario para lavamanos del edificio de Administración de Empresas.

EDIFICIO DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS					
CAUDALES DIARIOS PARA LAVAMANOS DE MUJERES					
FECHA INICIO	FECHA FIN	Nª DIAS	VOLUMEN	CAUDAL (m3/día)	OBSERVACIONES
14-may	24-may	10	2.20	0.220	CLASES NORMALES
24-may	30-may	6	1.36	0.227	CLASES NORMALES
30-may	06-jun	7	2.15	0.307	CLASES NORMALES
06-jun	13-jun	7	2.01	0.287	CLASES NORMALES
13-jun	20-jun	7	1.12	0.160	CLASES NORMALES
20-jun	27-jun	7	0.11	0.016	PARO NACIONAL
27-jun	04-jul	7	0.10	0.014	PARO NACIONAL
04-jul	11-jul	7	1.27	0.181	CLASES NORMALES
11-jul	18-jul	7	0.76	0.109	CLASES NORMALES
18-jul	25-jul	7	0.79	0.113	SUPLETORIOS
25-jul	01-ago	7	1.31	0.187	SUPLETORIOS
01-ago	08-ago	7	0.78	0.111	FIN DE CLASE
08-ago	23-nov	107	25.74	0.241	CLASES NORMALES
23-nov	28-nov	5	1.89	0.378	CLASES NORMALES
28-nov	06-dic	8	3.17	0.396	CLASES NORMALES
06-dic	19-dic	13	5.54	0.426	CLASES NORMALES
19-dic	03-ene	15	1.59	0.106	CLASES NORMALES
03-ene	09-ene	6	1.71	0.285	CLASES NORMALES
09-ene	16-ene	7	2.93	0.419	CLASES NORMALES
16-ene	26-ene	10	1.72	0.172	FIN DE CICLO
26-ene	02-feb	7	0.96	0.137	INTERCICLO
02-feb	23-feb	21	2.00	0.095	INTERCICLO

Fuente: Autor.

Q mínimo	0.095	m3/día
Q máximo	0.426	m3/día
Q promedio	0.228	m3/día

El caudal promedio que demanda para lavamanos de este edificio Q demanda = 0.228 m3/día para el edificio de Administración de Empresas y a su vez el mismo para el edificio de Psicología, obteniendo un caudal total para ambos edificios de **Q total demanda = 0.456 m3/día.**

Este caudal promedio obtenido incluye una fracción de agua potable para consumo humano. En consecuencia, en base a las mediciones realizadas se puede obtener el consumo total del edificio y varias relaciones entre caudales que se muestran a continuación.

- Caudal total (2 edificios) = Q uso sanitario + Q lavamanos
- Caudal total (2 edificios) = $0.684 + 0.456 = 1.14$ m3/día
- Caudal de uso sanitario equivale al 60.00% y el caudal para lavamanos equivale al 40.00% del total, en baterías sanitarias de mujeres.

2.2.2. Caudal medio diario de las baterías sanitarias de hombres en los edificios de Administración de Empresas y Psicología.

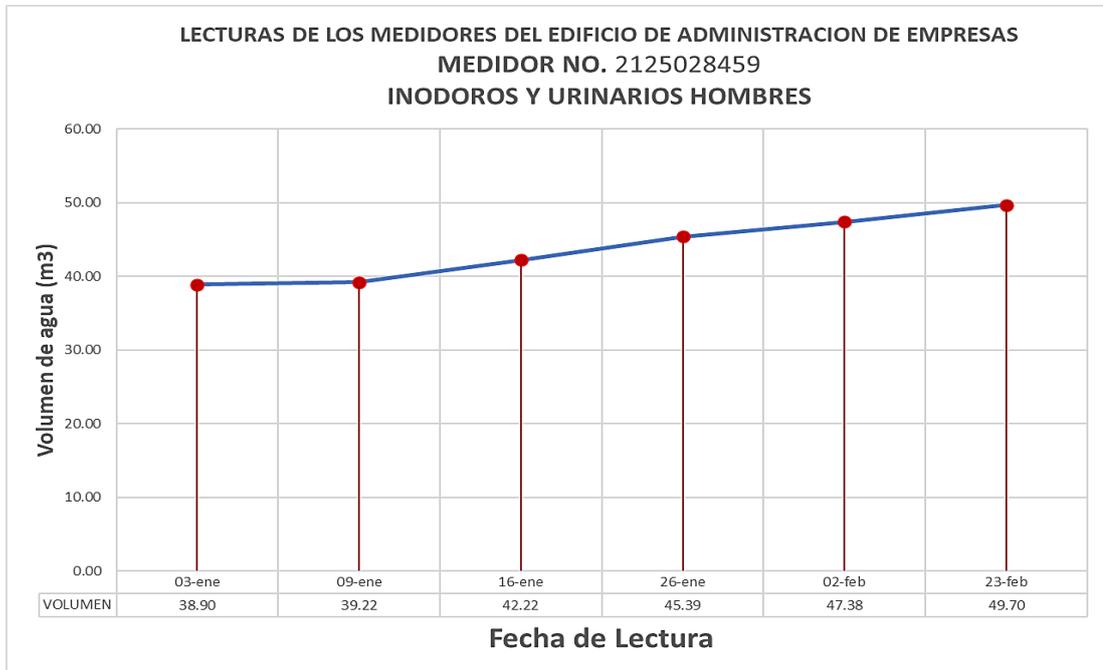
Al igual que el en las baterías sanitarias de mujeres, se calculó el caudal medio diario para la red de uso sanitario (inodoros y urinarios) y el caudal para lavamanos, del primer, segundo y tercer piso altos del edificio de Administración de empresas, sin presentar daños en algún aparato sanitario o lavamanos que impidan su correcto funcionamiento.

Las mediciones se realizaron en el periodo comprendido entre el 03 de enero de 2023 hasta el 23 de febrero de 2023, fecha en la que se terminó el ciclo académico en la Universidad del Azuay.

Los datos que se ven a continuación muestran el incremento semanal acumulado del consumo de agua potable en las baterías sanitarias del edificio de Administración

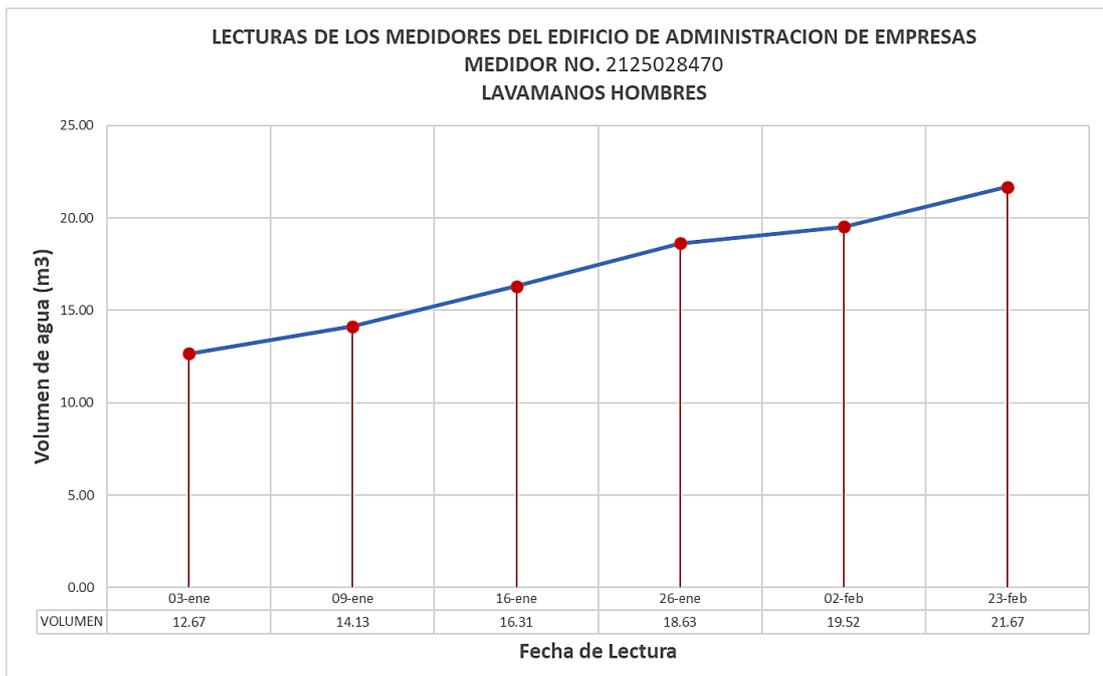
de Empresas en el baño de hombres, en la columna de agua para inodoros y para lavamanos.

Figura 7. Consumos acumulados de agua potable para uso sanitario de hombres, edificio de Administración de Empresas



Fuente: Autor.

Figura 8. Consumos acumulados de agua potable para lavamanos de hombres, edificio de Administración de Empresas



Fuente: Autor.

A partir de las lecturas semanales de consumo de los contadores, se obtuvo un caudal medio diario mediante la fórmula básica de cálculo, $Q_{med} = V / t$, donde Q_{med} es el caudal medio, $V =$ Volumen de agua consumida en (m^3) y t el tiempo en (días), obteniendo el caudal en ($m^3/día$). Posteriormente se calcula aritméticamente el caudal promedio, el máximo y el mínimo con los valores obtenidos.

Es importante mencionar que el volumen registrado corresponde a la columna de agua que abastece las baterías sanitarias de hombres del primer, segundo y tercer piso altos del edificio y con todos sus aparatos sanitarios y lavamanos en perfecto funcionamiento y los resultados son los siguientes:

Tabla 13. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario del edificio de Administración de Empresas.

EDIFICIO DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS					
CAUDAL DIARIO PARA USO SANITARIO DE HOMBRES					
FECHA INICIO	FECHA FIN	Nª DIAS	VOLUMEN N	CAUDAL ($m^3/día$)	OBSERVACIONES
03-ene	09-ene	6	0.32	0.053	CLASES NORMALES
09-ene	16-ene	7	3.00	0.429	CLASES NORMALES
16-ene	26-ene	10	3.17	0.317	FIN DE CICLO
26-ene	02-feb	7	1.99	0.284	INTERCICLO
02-feb	23-feb	21	2.32	0.110	INTERCICLO

Fuente: Autor.

Q mínimo	0.053	$m^3/día$
Q máximo	0.429	$m^3/día$
Q promedio	0.239	$m^3/día$

El caudal promedio que demanda para uso sanitario de este edificio $Q_{demanda} = 0.239 m^3/día$ para el edificio de Administración de Empresas y a su vez el mismo para el edificio de Psicología, obteniendo un caudal total para ambos edificios de **$Q_{total\ demanda} = 0.478 m^3/día$** .

Tabla 14. Cálculo del caudal medio diario para lavamanos del edificio de Administración de Empresas.

EDIFICIO DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS					
CAUDAL DIARIO PARA LAVAMANOS DE HOMBRES					
FECHA INICIO	FECHA FIN	Nª DIAS	VOLUMEN	CAUDAL ($m^3/día$)	OBSERVACIONES
03-ene	09-ene	6	1.46	0.243	CLASES NORMALES

09-ene	16-ene	7	2.18	0.311	CLASES NORMALES
16-ene	26-ene	10	2.32	0.232	FIN DE CICLO
26-ene	02-feb	7	0.89	0.127	INTERCICLO
02-feb	23-feb	21	2.15	0.102	INTERCICLO

Fuente: Autor.

Q mínimo	0.102	m3/día
Q máximo	0.311	m3/día
Q promedio	0.203	m3/día

El caudal promedio que demanda para lavamanos de este edificio $Q_{\text{demanda}} = 0.203 \text{ m}^3/\text{día}$ para el edificio de Administración de Empresas y a su vez el mismo para el edificio de Psicología, obteniendo un caudal total para ambos edificios de **$Q_{\text{total demanda}} = 0.406 \text{ m}^3/\text{día}$** .

Este caudal promedio obtenido incluye una fracción de agua potable para consumo humano. En consecuencia, en base a las mediciones realizadas se puede obtener el consumo total del edificio y varias relaciones entre caudales que se muestran a continuación.

- Caudal total (2 edificios) = $Q_{\text{uso sanitario}} + Q_{\text{lavamanos}}$
- Caudal total (2 edificios) = $0.478 + 0.406 = 0.884 \text{ m}^3/\text{día}$
- Caudal de uso sanitario equivale al 54.07% y el caudal para lavamanos equivale al 45.93% del total, en baterías sanitarias de hombres.

2.2.3. Caudal medio diario de las baterías sanitarias del edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1)

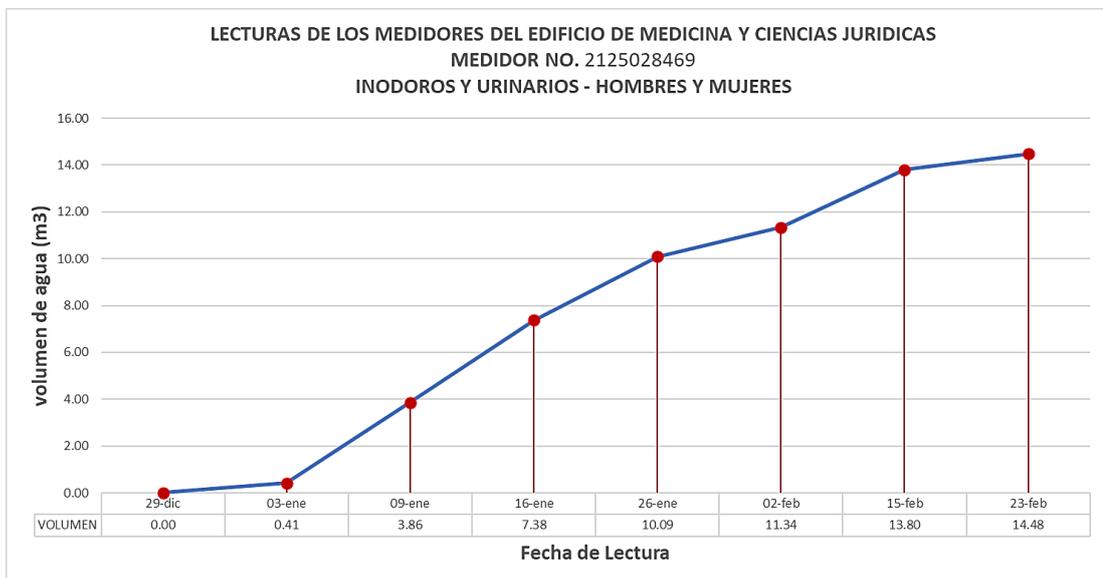
Para el edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1) de igual manera el caudal medio diario se obtuvo mediante la instalación y posteriores lecturas de contadores de caudal de 1" en cada columna de agua de las baterías que se ubican en los <medios pisos> del edificio. En este caso las redes no están separadas por género sino por el uso: descargas de aparatos sanitarios y uso de lavamanos.

Las otras cinco baterías sanitarias restantes del bloque, que se ubican en los niveles de <pisos>, no cuentan con contadores, pero como se manifestó (tablas 7 y 8), poseen la misma cantidad de aparatos sanitarios y lavamanos (tablas 5 y 6) que las baterías en

las que se tomaron las mediciones, por tal razón, se asume que el caudal para estas redes será el mismo que las calculadas a continuación.

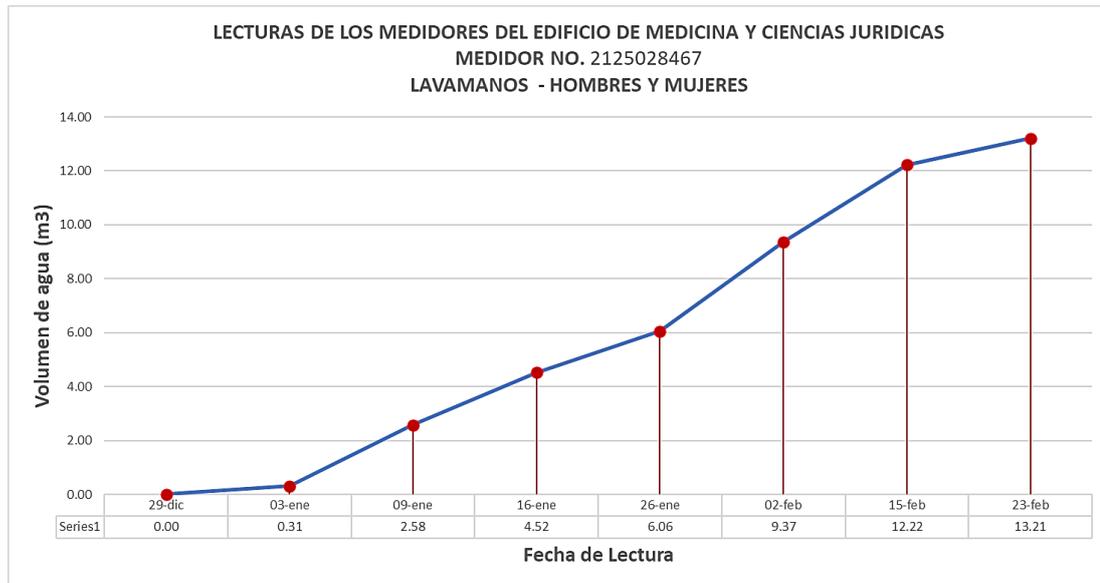
Los datos que se muestran a continuación muestran el incremento semanal del consumo de agua potable en las baterías sanitarias de la batería sanitaria ubicada en los <medios pisos> del bloque E1, en la columna de agua para la descarga de aparatos sanitarios y para lavamanos. Las mediciones se realizaron en el periodo comprendido entre el 03 de enero al 23 de febrero de 2023.

Figura 9. Consumos acumulados de agua potable para uso sanitario del edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1).



Fuente: Autor.

Figura 10. Consumos acumulados de agua potable para lavamanos del edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1).



Fuente: Autor.

A partir de las lecturas semanales de consumo, se obtuvo un caudal diario mediante la fórmula básica de cálculo, $Q_{med} = V / t$, donde Q_{med} es el caudal medio, $V =$ Volumen de agua consumida en (m³) y t el tiempo en (días), obteniendo el caudal en (m³/día). Posteriormente se calcula aritméticamente el caudal promedio, el máximo y el mínimo con los valores obtenidos.

Es importante mencionar que el volumen registrado corresponde a la columna de agua que abastece las baterías sanitarias de hombres y mujeres del primer al quinto pisos del edificio y sin presentar daños en ningún inodoro, urinario o lavamanos que impidan su correcto funcionamiento y los resultados fueron los siguientes:

Tabla 15. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario del edificio Bloque E1.

EDIFICIO DE MEDICINA Y CIENCIAS JURIDICAS (BLOQUE E1)					
CAUDAL DIARIO PARA USO SANITARIO DE MUJERES Y HOMBRES					
FECHA INICIO	FECHA FIN	Nº DIAS	VOLUMEN	CAUDAL (m ³ /día)	OBSERVACIONES
29-dic	03-ene	5	0.41	0.082	CLASES NORMALES
03-ene	09-ene	6	3.45	0.575	CLASES NORMALES
09-ene	16-ene	7	3.52	0.503	CLASES NORMALES
16-ene	26-ene	10	2.71	0.271	FINAL DE CICLO
26-ene	02-feb	7	1.25	0.179	INTERCICLO

02-feb	15-feb	13	2.46	0.189	INTERCICLO
15-feb	23-feb	8	0.68	0.085	INTERCICLO

Fuente: Autor.

Q mínimo	0.179	m ³ /día
Q máximo	0.575	m ³ /día
Q promedio	0.343	m ³ /día

Descartando el primer y último registro de consumos de la tabla anterior debido al feriado y descanso de inter ciclo respectivamente, se calcula que el caudal promedio que demanda para uso sanitario de cinco baterías sanitarias de este edificio Q demanda = 0.343 m³/día y a su vez del edificio completo se asume el doble, obteniendo un caudal total para el edificio de **Q total demanda = 0.686 m³/día.**

Tabla 16. Cálculo del caudal medio diario para lavamanos del edificio Bloque E1.

EDIFICIO DE MEDICINA Y CIENCIAS JURIDICAS (BLOQUE E1)					
CAUDAL DIARIO PARA LAVAMANOS DE MUJERES Y HOMBRES					
FECHA INICIO	FECHA FIN	Nº DIAS	VOLUMEN	CAUDAL (m ³ /día)	OBSERVACIONES
29-dic	03-ene	5	0.31	0.062	CLASES NORMALES
03-ene	09-ene	6	2.27	0.378	CLASES NORMALES
09-ene	16-ene	7	1.94	0.277	CLASES NORMALES
16-ene	26-ene	10	1.54	0.154	FINAL DE CICLO
26-ene	02-feb	7	3.31	0.473	INTERCICLO
02-feb	15-feb	13	2.85	0.219	INTERCICLO
15-feb	23-feb	8	0.99	0.124	INTERCICLO

Fuente: Autor.

Q mínimo	0.154	m ³ /día
Q máximo	0.473	m ³ /día
Q promedio	0.300	m ³ /día

De igual manera, descartando el primer y último registro de consumos de la tabla anterior debido al feriado y descanso de inter ciclo respectivamente, el caudal promedio que demanda para lavamanos de cinco baterías sanitarias de este edificio Q demanda = 0.300 m³/día y a su vez del edificio completo se asume el doble, obteniendo un caudal total para el edificio de **Q total demanda = 0.600 m³/día.**

Este caudal promedio obtenido incluye una fracción de agua potable para consumo humano. En consecuencia, en base a las mediciones realizadas se puede obtener el consumo total del edificio y varias relaciones entre caudales que se muestran a continuación.

- Caudal total = Q uso sanitario + Q lavamanos
- Caudal total = $0.686 + 0.600 = 1.286$ m³/día
- Caudal de uso sanitario equivale al 53.34% y el caudal para lavamanos equivale al 46.66% del total, en baterías sanitarias de mujeres y hombres.

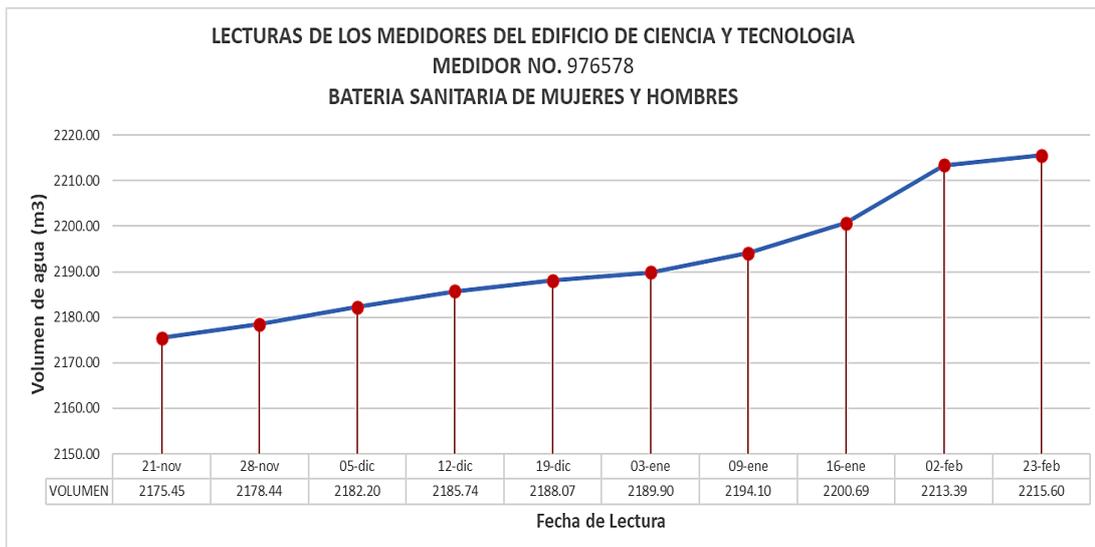
2.2.4. Caudal medio diario de las baterías sanitarias del edificio de Ciencia y Tecnología

Para el cálculo de caudales medios diarios del edificio de Ciencia y Tecnología se obtuvo mediante las lecturas de cuatro contadores de caudal de 1/2" que existen en cada batería sanitaria. Como se mencionó anteriormente este edificio no cuenta con redes separadas de acuerdo con su uso.

Para poder discretizar los caudales obtenidos es necesario conocer los aparatos sanitarios que están contabilizados en cada contador, posteriormente y de acuerdo con datos obtenidos de consumos en edificios previos, estimar el caudal para uso sanitario y para lavamanos.

El primer contador instalado en la primera planta alta contabiliza el consumo de agua potable para las baterías sanitarias de hombres y mujeres, tanto para el consumo de lavamanos como inodoros y urinarios que se indica en la tabla 9. Las mediciones se realizaron en el periodo comprendido entre el 21 de noviembre de 2022 al 23 de febrero de 2023.

Figura 11. Consumos acumulados de agua potable para baterías sanitarias de mujeres y hombres del edificio de Ciencia y Tecnología.



Fuente: Autor.

Mediante las lecturas semanales de consumo, se obtuvo un caudal diario mediante la fórmula básica de cálculo, $Q_{med} = V / t$, donde Q_{med} es el caudal medio, V = Volumen de agua consumida en (m³) y t el tiempo en (días), obteniendo el caudal en (m³/día). Posteriormente se calcula aritméticamente el caudal promedio, el máximo y el mínimo con los valores obtenidos.

Tabla 17. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario y lavamanos del edificio de Ciencia y Tecnología.

EDIFICIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA					
CAUDAL DIARIO PARA DESCARGAS DE INDOROS Y LAVAMANOS					
PRIMERA PLANTA ALTA					
FECHA INICIO	FECHA FIN	N ^a DIAS	VOLUMEN	CAUDAL (m ³ /día)	OBSERVACIONES
21-nov	28-nov	7	2.99	0.427	CLASES NORMALES
28-nov	05-dic	7	3.76	0.537	CLASES NORMALES
05-dic	12-dic	7	3.54	0.506	CLASES NORMALES
12-dic	19-dic	7	2.33	0.333	CLASES NORMALES
19-dic	03-ene	15	1.83	0.122	CLASES NORMALES
03-ene	09-ene	6	4.20	0.700	CLASES NORMALES
09-ene	16-ene	7	6.59	0.941	FIN DE CICLO
16-ene	02-feb	17	12.70	0.747	INTERCICLO
02-feb	23-feb	21	2.21	0.105	INTERCICLO

Fuente: Autor.

Q mínimo	0.122	m ³ /día
Q máximo	0.941	m ³ /día
Q promedio	0.599	m ³ /día

El caudal promedio que demanda de estas baterías sanitarias de hombres y mujeres en este edificio Q demanda = 0.599 m³/día.

Si aplicamos los coeficientes o porcentajes obtenidos para el edificio del bloque E1, podemos decir que el 53% del consumo total en una batería sanitaria de hombres y mujeres, es para la descarga de aparatos sanitarios, por tanto, el caudal medio diario para la descarga de aparatos sanitarios de hombres y mujeres sería **Q demanda = 0.317 m³/día.**

En la batería sanitaria para hombres de la segunda planta alta, se ubican dos medidores de caudal, el primero contabiliza el único inodoro existente y el otro contabiliza el consumo del urinario y dos lavamanos existentes.

En el caso del baño para mujeres en este mismo piso, el contador instalado contabiliza el consumo de un inodoro existente para estos baños, los lavamanos no están siendo contabilizados. Como se busca reducir el consumo de agua potable en descarga de aparatos sanitarios, no es necesario contar con este dato.

Entonces, los siguientes valores presentados muestran el volumen de agua acumulada semanalmente en estos medidores. Las mediciones se realizaron en el periodo comprendido entre el 21 de noviembre de 2022 al 23 de febrero de 2023.

Tabla 18. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario del edificio de Ciencia y Tecnología.

EDIFICIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA					
CAUDAL DIARIO PARA UN INODORO EN EL BAÑO DE HOMBRES					
SEGUNDA PLANTA ALTA					
FECHA INICIO	FECHA FIN	N^a DIAS	VOLUMEN	CAUDAL (m³/día)	OBSERVACIONES
21-nov	28-nov	7	0.44	0.063	CLASES NORMALES
28-nov	05-dic	7	0.34	0.049	CLASES NORMALES
05-dic	12-dic	7	0.42	0.060	CLASES NORMALES
12-dic	19-dic	7	0.24	0.034	CLASES NORMALES
19-dic	03-ene	15	0.13	0.009	RETORNO A CLASES

03-ene	09-ene	6	0.36	0.060	CLASES NORMALES
09-ene	16-ene	7	0.29	0.041	FIN DE CLASE
16-ene	02-feb	17	0.45	0.026	INTERCICLO
02-feb	23-feb	21	0.31	0.015	INTERCICLO

Fuente: Autor.

Q mínimo	0.009	m3/día
Q máximo	0.063	m3/día
Q promedio	0.048	m3/día

El caudal promedio que demanda para un inodoro de este edificio **Q demanda = 0.048 m3/día.**

Tabla 19. Cálculo del caudal medio diario para uso sanitario y lavamanos del edificio de Ciencia y Tecnología.

EDIFICIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA					
CAUDAL DIARIO PARA URINARIO Y LAVAMANOS DE HOMBRES					
SEGUNDA PLANTA ALTA					
FECHA INICIO	FECHA FIN	Nª DIAS	VOLUMEN	CAUDAL (m3/día)	OBSERVACIONES
21-nov	28-nov	7	0.59	0.084	CLASES NORMALES
28-nov	05-dic	7	0.82	0.117	CLASES NORMALES
05-dic	12-dic	7	0.99	0.141	CLASES NORMALES
12-dic	19-dic	7	0.78	0.111	CLASES NORMALES
19-dic	03-ene	15	0.47	0.031	RETORNO A CLASES
03-ene	09-ene	6	0.83	0.138	CLASES NORMALES
09-ene	16-ene	7	0.79	0.113	FIN DE CLASE
16-ene	02-feb	17	1.23	0.072	INTERCICLO
02-feb	23-feb	21	0.84	0.040	INTERCICLO

Fuente: Autor.

Q mínimo	0.031	m3/día
Q máximo	0.141	m3/día
Q promedio	0.111	m3/día

Descartando el quinto y el último registro de volumen consumido, debido al feriado y descanso de inter ciclo, el caudal promedio que demanda para descarga sanitarias este baño **Q demanda = 0.111 m3/día** y de datos obtenidos anteriormente se conoce que el 54% del consumo total de un baño de hombres corresponde al uso sanitario, por tanto, este caudal a es **Q demanda = 0.060 m3/día.**

EDIFICIO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA					
CAUDAL DIARIO PARA INDOROS DE MUJERES					
SEGUNDA PLANTA ALTA					
FECHA INICIO	FECHA FIN	N ^a DIAS	VOLUMEN	CAUDAL (m ³ /día)	OBSERVACIONES
21-nov	28-nov	7	0.95	0.136	CLASES NORMALES
28-nov	05-dic	7	0.87	0.124	CLASES NORMALES
05-dic	12-dic	7	0.88	0.126	CLASES NORMALES
12-dic	19-dic	7	0.79	0.113	CLASES NORMALES
19-dic	03-ene	15	0.43	0.029	RETORNO A CLASES
03-ene	09-ene	6	0.90	0.150	CLASES NORMALES
09-ene	16-ene	7	0.87	0.124	FIN DE CLASE
16-ene	02-feb	17	1.18	0.069	INTERCICLO
02-feb	23-feb	21	0.66	0.031	INTERCICLO

Fuente: Autor.

Q minino	0.029	m ³ /día
Q máximo	0.150	m ³ /día
Q promedio	0.120	m ³ /día

De igual forma, descartando el quinto y el último registro de volumen consumido, debido al feriado y descanso de inter ciclo, el caudal promedio que demanda para descarga sanitarias este baño de mujeres es **Q demanda = 0.120 m³/día**.

En consecuencia, en base a las mediciones realizadas se puede obtener el consumo total del edificio y varias relaciones entre caudales que se muestran a continuación.

- Caudal total = Q uso sanitario + Q lavamanos
- Caudal total = 0.545 + 0.433 = 0.978 m³/día
- Caudal de uso sanitario equivale al 55.72% y el caudal para lavamanos equivale al 44.28% del total, en baterías sanitarias de mujeres y hombres.

2.2.5. Tabla de resumen de los caudales demanda (caudal para descarga de aparatos sanitarios y lavamanos)

Si bien la norma de diseño de agua NEC-11 capítulo 16, vigente para el diseño de agua potable en el Ecuador, permite aplicar con un coeficiente de simultaneidad de uso el cual castiga con un coeficiente de reducción al caudal medio diario, en este caso, al

tratarse de mediciones reales, se consideró no aplicar este coeficiente y mantenerse con los caudales medios obtenidos.

Tabla 20. Resumen de caudales medios diarios de todos los edificios en estudio.

CAUDALES MEDIOS DIARIOS (MEDIDOS)					
EDIFICIO	INODOROS	URINARIOS	LAVAMANOS	USO SANITARIO (M3/DÍA)	LAVAMANOS (M3/DÍA)
ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	15	3	18	0.581	0.431
PSICOLOGÍA	15	3	18	0.581	0.431
BLOQUE E1 (MEDICINA Y CC JURÍDICAS)	48	10	68	0.686	0.600
CIENCIA Y TECNOLOGÍA	6	3	8	0.545	0.433

Fuente: Autor.

Una vez obtenidos los caudales medios diarios es necesario calcular los caudales máximos diarios. Según la Norma Co 10.7 -601: Abastecimiento de agua potable y eliminación de aguas residuales en el área urbana, señala que los caudales de diseño para redes de distribución serán el máximo diario al final del periodo de diseño, más caudal de incendios y se comprobarán las presiones en la red para el caudal máximo horario al final de dicho periodo.

Para calcular el caudal máximo diario, se tiene que multiplicar el caudal medio diario por un factor (f), que según la norma urbana de diseño de sistemas de agua potable dice que el coeficiente de variación del consumo máximo diario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores: $K_{max.día} = 1,3 - 1,5$. A continuación, se presenta los valores calculados.

Tabla 21. Resumen de caudales máximos diarios de todos los edificios en estudio.

CAUDALES MAXIMO DIARIOS			
EDIFICIO	K MAX	USO SANITARIO (m3/día)	LAVAMANOS (m3/día)
ADMINISTRACION DE EMPRESAS	1.3	0.755	0.560
PSICOLOGIA	1.3	0.755	0.560
BLQUE E1 (MEDICINA Y CC JURIDICAS)	1.3	0.892	0.780
CIENCIA Y TECNOLOGIA	1.3	0.709	0.563

Fuente: Autor.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO HIDRAULICO DE LA RED DE DISTRIBUCION PARA RECIRCULAR EL AGUA GRIS Y DE EXTRACCION DE AGUA SUBTERRANEA.

Con el fin de reducir el consumo de agua potable al aprovechar el agua gris o subterránea en las descargas de los aparatos sanitarios, se toma en cuenta las siguientes consideraciones. La red de distribución de agua para las descargas de aparatos sanitarios de los edificios de Administración de Empresas y de Psicología se abastecerá a través de la implementación de una red de agua que proviene desde la extracción de agua subterránea.

Para el caso del edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1), la red de desagües de los lavamanos (aguas grises) descargan sus aguas en un tanque de almacenamiento al pie del mismo. Luego de pasar por un filtro, el sistema de bombeo permite recircular el agua hacia los aparatos sanitarios. Actualmente no está en marcha el sistema de recirculación y se sigue usando agua potable para estos fines. Como ya se demostró anteriormente, el caudal para descargas sanitarias es superior al de uso para lavamanos, por tal motivo, se tendrá un déficit de caudal de recirculación mismo que será satisfecho con la red proveniente de la extracción de aguas subterráneas.

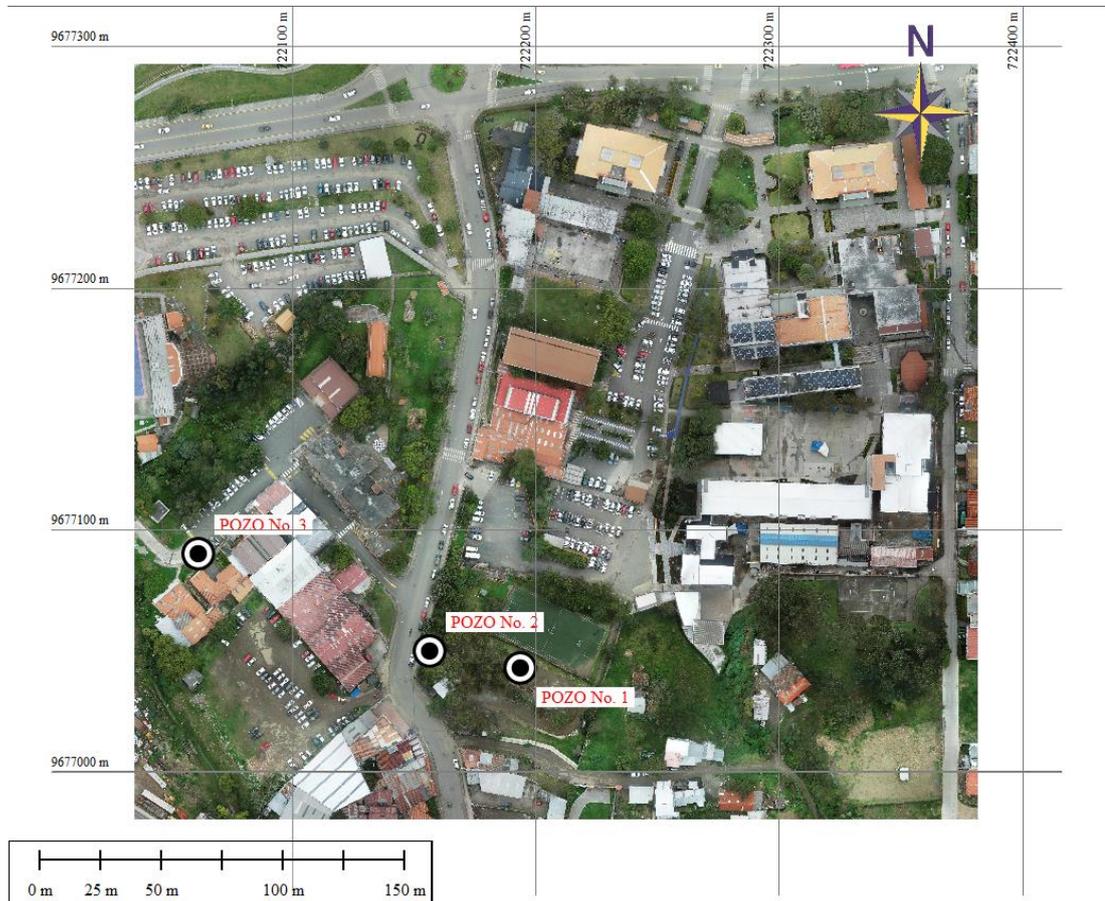
Finalmente, el edificio de Ciencia y Tecnología, como se había mencionado con anterioridad, requiere de una mayor intervención puesto que no dispone de columnas de agua internas separadas de acuerdo al uso. Sin embargo, si se considera en este estudio pues este edificio consta dentro de las remodelaciones del departamento de Planeamiento de la Universidad del Azuay y por tanto, se calculará la red para descargas de aparatos sanitarios desde la extracción de agua subterránea hasta el pie del edificio.

3.1. Caudal de extracción de agua subterránea

Existen cuatro pozos de extracción de agua subterránea en funcionamiento, de los cuales, tres se encuentran dentro de los predios de la Universidad. Estos están enmarcados en el proyecto de mitigación para la estabilización de deslizamientos de

masas que afecta a la Universidad. Dicho programa de mitigación lleva en funcionamiento desde inicios del presente año y los datos de volúmenes diarios de extracción se procesan a partir del 04 enero.

Figura 12. Ubicación de los pozos de extracción de agua subterránea dentro de los predios de la Universidad del Azuay.



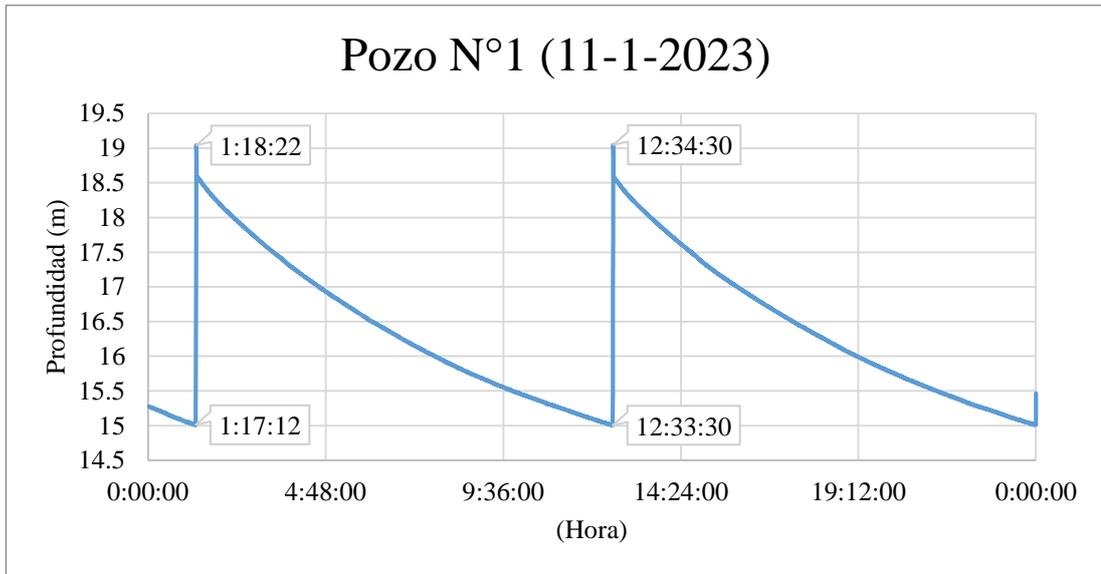
Fuente: Autor.

Se pudo estimar que el volumen de agua que se extrae al día es prácticamente constante, ya que se mantiene en promedio el número de arranques de la bomba y la misma altura de bombeo, como resultado se tiene un caudal disponible para dotar a los edificios en estudio.

Mediante el uso de un software y medios electrónicos, se registran datos en un servidor en tiempo real, que permiten conocer la altura de agua y el tiempo de encendido de la bomba sumergida en el pozo encamisado de 6" de diámetro, así como el tiempo de recarga hasta el posterior encendido. Con estos valores se puede calcular el caudal diario que registra cada pozo.

A continuación, se muestra un gráfico de un día promedio de los niveles de altura de agua dentro la tubería encamisada en el pozo de extracción y el tiempo de registro del pozo No. 1, donde se puede observar el funcionamiento de la bomba de extracción.

Figura 13. Funcionamiento de la bomba de extracción de agua subterránea del pozo No. 1.



Fuente: Autor.

Tabla 22. Cálculo del caudal medio diario de extracción de agua pozo No. 1.

POZO DE EXTRACCION DE AGUA NO.1						
PROFUNDIDAD DEL POZO:		25m	POTENCIA:	1 CV	DIAMETRO DE LA TUBERIA: 6"	
Pozo	Día	Arranques de la bomba	Tiempo promedio de recarga entre bombeos	Altura total bombeada	Área del Tubo	Caudal medio diario
		Cantidad	(H:min)	(m)	(m2)	(m3/día)
Semana 1						
N°1	03/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°1	04/01/2023	2	11:42	8.04	0.018	0.147
N°1	05/01/2023	2	11:18	7.58	0.018	0.138
N°1	06/01/2023	2	11:58	8.09	0.018	0.148
N°1	07/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°1	08/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
Semana 2						
N°1	09/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°1	10/01/2023	NO DATA	-	-	-	0

N°1	11/01/2023	2	11:15	8.07	0.018	0.147
N°1	12/01/2023	2	12:19	7.63	0.018	0.139
N°1	13/01/2023	2	11:59	7.88	0.018	0.144
N°1	14/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°1	15/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
Semana 3						
N°1	16/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°1	17/01/2023	2	12:36	7.91	0.018	0.144
N°1	18/01/2023	2	12:54	7.97	0.018	0.145
N°1	19/01/2023	2	12:07	8.08	0.018	0.147
N°1	20/01/2023	NO DATA	-	-	-	0.147
N°1	21/01/2023	2	11:54	7.71	0.018	0.141
N°1	22/01/2023	2	11:55	8.14	0.018	0.148
Semana 4						
N°1	23/01/2023	2	12:13	7.74	0.018	0.141
N°1	24/01/2023	2	11:51	7.74	0.018	0.141
N°1	25/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°1	26/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°1	27/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°1	28/01/2023	2	12:24	7.87	0.018	0.144
N°1	29/01/2023	2	12:33	7.85	0.018	0.143
Semana 5						
N°1	30/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°1	31/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
PROMEDIOS		2.00	12:03	7.89		0.144
		Cantidad	(H:min)	(m)		(m3/día)

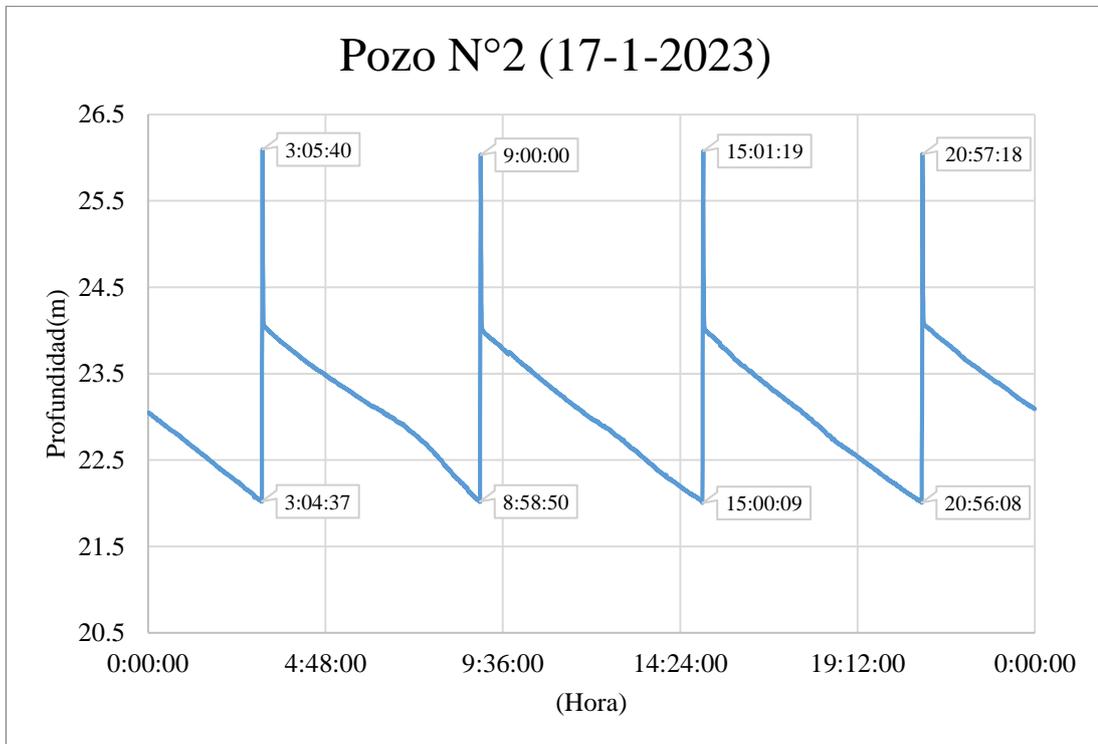
Fuente: Autor.

Al analizar los datos obtenidos, se puede determinar que en el pozo No. 1 de extracción de aguas subterráneas, el tiempo de recarga medio es de 12:03 horas, es decir se enciende la bomba dos veces al día. En promedio al día la bomba evacua aproximadamente 7.89 metros de altura de agua, es decir que el volumen diario (caudal medio diario) es de **Qo P1 = 0.144 m3/día**.

A continuación, se muestra un gráfico de un día promedio de los niveles de altura de agua dentro la tubería encamisada en el pozo de extracción y el tiempo de registro del pozo No. 2, donde se puede observar el funcionamiento de la bomba de extracción.

La sumatoria del caudal diario promedio del pozo No.1 y No.2, serán los que abastecerán a los edificios de Administración de Empresas, de Psicología y Bloque E1, en las descargas de aparatos sanitarios.

Figura 14. Funcionamiento de la bomba de extracción de agua subterránea del pozo No. 2.



Fuente: Autor.

Tabla 23. Cálculo del caudal medio diario de extracción de agua pozo No. 2.

POZO DE EXTRACCION DE AGUA NO.2						
PROFUNDIDAD DEL POZO:		32m	POTENCIA:	1 CV	DIAMETRO DE LA TUBERIA: 6"	
Pozo	Día	Arranques de la bomba	Tiempo promedio de recarga entre bombeos	Altura total bombeada	Área del Tubo	Caudal medio diario
		Cantidad	(H:min)	(m)	(m2)	(m3/día)
Semana 1						
N°2	03/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°2	04/01/2023	4	5:22	15.19	0.018	0.277
N°2	05/01/2023	4	5:21	15.98	0.018	0.291
N°2	06/01/2023	5	5:33	14.93	0.018	0.272
N°2	07/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°2	08/01/2023	NO DATA	-	-	-	0

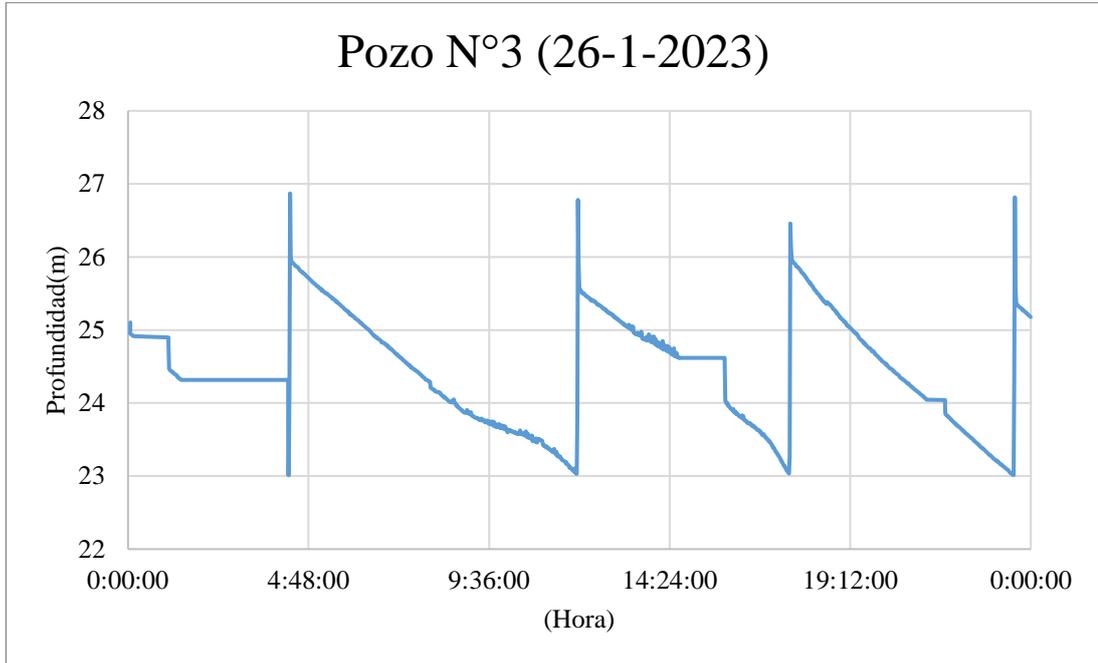
Semana 2						
N°2	09/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°2	10/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°2	11/01/2023	4	5:44	12.97	0.018	0.237
N°2	12/01/2023	5	5:48	19.21	0.018	0.350
N°2	13/01/2023	5	5:29	18.93	0.018	0.345
N°2	14/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°2	15/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
Semana 3						
N°2	16/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°2	17/01/2023	4	5:57	16.17	0.018	0.295
N°2	18/01/2023	4	5:54	15.97	0.018	0.291
N°2	19/01/2023	4	5:57	15.20	0.018	0.277
N°2	20/01/2023	4	5:59	15.61	0.018	0.285
N°2	21/01/2023	4	5:49	14.76	0.018	0.269
N°2	22/01/2023	4	5:58	15.83	0.018	0.289
Semana 4						
N°2	23/01/2023	4	5:54	15.88	0.018	0.290
N°2	24/01/2023	4	5:58	16.01	0.018	0.292
N°2	25/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°2	26/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°2	27/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°2	28/01/2023	3	5:51	11.86	0.018	0.216
N°2	29/01/2023	4	6:15	15.75	0.018	0.287
Semana 5						
N°2	30/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°2	31/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
PROMEDIOS		4.13	5:48	15.64		0.285
		Cantidad	(H:min)	(m)		(m3/día)

Fuente: Autor.

Al analizar los datos obtenidos, se puede determinar que en el pozo No. 2 de extracción de aguas subterráneas, el tiempo de recarga medio es de 05:48 horas, es decir se enciende la bomba 4.13 veces al día. En promedio al día la bomba evacua aproximadamente 15.64 metros de altura de agua, es decir que el volumen diario (caudal medio diario) de **Qo P2 = 0.285 m3/día**.

A continuación, se muestra un gráfico de un día promedio de los niveles de altura de agua y el tiempo de registro del pozo No. 3, que substancialmente será el que abastecerá al edificio de Ciencia y Tecnología.

Figura 15. Funcionamiento de la bomba de extracción de agua subterránea del pozo No. 3.



Fuente: Autor.

Tabla 24. Cálculo del caudal medio diario de extracción de agua pozo No. 3.

POZO DE EXTRACCION DE AGUA NO.3						
PROFUNDIDAD DEL POZO:		33m	POTENCIA:	1 CV	DIAMETRO DE LA TUBERIA: 6"	
Pozo	Día	Arranques de la bomba	Tiempo promedio de recarga entre bombeos	Altura total bombeada	Área del Tubo	Caudal medio diario
		Cantidad	(H:min)	(m)	(m2)	(m3/día)
Semana 1						
N°3	03/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	04/01/2023	3	9:30	8.48	0.018	0.155
N°3	05/01/2023	2	10:45	7.73	0.018	0.141
N°3	06/01/2023	2	10:18	7.88	0.018	0.144
N°3	07/01/2023	2	8:53	8.18	0.018	0.149
N°3	08/01/2023	2	6:22	7.99	0.018	0.146
Semana 2						
N°3	09/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	10/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	11/01/2023	3	4:30	10.05	0.018	0.183
N°3	12/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	13/01/2023	NO DATA	-	-	-	0

N°3	14/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	15/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
Semana 3						
N°3	16/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	17/01/2023	2	4:36	7.99	0.018	0.146
N°3	18/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	19/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	20/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	21/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	22/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
Semana 4						
N°3	23/01/2023	3	6:39	12.05	0.018	0.220
N°3	24/01/2023	3	6:19	11.86	0.018	0.216
N°3	25/01/2023	3	6:40	11.53	0.018	0.210
N°3	26/01/2023	4	6:31	14.86	0.018	0.271
N°3	27/01/2023	2	6:01	16.01	0.018	0.292
N°3	28/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	29/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
Semana 5						
N°3	30/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
N°3	31/01/2023	NO DATA	-	-	-	0
PROMEDIOS		2.58	7:15	10.38		0.189
		Cantidad	(H:min)	(m)		(m3/día)

Fuente: Autor.

Al analizar los datos obtenidos, se puede determinar que en el pozo No. 3 de extracción de aguas subterráneas, el tiempo de recarga medio es de 07:15 horas, es decir se enciende la bomba 2.58 veces al día. En promedio al día la bomba evacua aproximadamente 10.38 metros de altura de agua, es decir que el volumen diario (caudal medio diario) de **Qo P3 = 0.189 m3/día.**

Finalmente, el pozo de extracción de agua No. 4, se ubica en un predio fuera de la Universidad del Azuay, y los datos no serán analizados puesto que no sería factible debido a la distancia y varias obras sobre el espacio público que implica.

3.1.1. Tabla resumen del caudal de extracción de agua subterránea de los pozos de perforación.

CAUDALES MEDIOS DIARIOS DE EXTRACCION	
IDENTIFICACION	Q oferta (m ³ /día)
POZO 1	0.144
POZO 2	0.285
POZO 3	0.189
POZO 4 (No aplica al estudio)	0.583

Fuente: Autor.

3.2. Cálculo de caudal de recirculación de aguas grises del edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1).

Como se determinó en la tabla No. 20, el caudal máximo diario para uso de lavamos de todas sus baterías sanitarias, obtenido a través de la medición de consumos del edificio es de 0.780 m³/día. Este caudal se puede aprovechar en la descarga de aparatos sanitarios gracias a que la red de desagües del edificio está construida de forma independiente, dicha red descarga a cuatro tanques de almacenamiento de 10 m³ cada uno en planta baja. Sin embargo, existe una incertidumbre sobre ¿cómo calcular el porcentaje de agua gris o agua jabonosa que se puede aprovechar para la recirculación?

En la normativa vigente para el diseño hidrosanitario de edificaciones en el Ecuador no existe dicha información al igual no se consideró realizar mediciones al respecto, sin embargo, del 100% de agua que se usa para lavamanos y que se miden al ingreso en el contador de agua, se puede considerar un factor de reducción del agua que efectivamente retorna por los desagües luego de su uso, para ello se considera lo siguiente:

- Al tener griferías temporizadas y sin conexiones roscables, impide que se conecten mangueras para limpieza, riego o algo similar dentro de las baterías sanitarias.
- No es posible recolectar agua en baldes, tachos u otro recipiente de gran volumen debido a la distancia reducida entre el lavamanos y la grifería.
- Se puede decir también que el consumo de agua potable a través de envases plásticos podría considerarse la principal fuente de pérdida de caudal, pero al mismo tiempo podría ser despreciable, debido

principalmente a que muy pocas personas consumen agua potable directo de la llave, pues se conoce que la misma proviene de una cisterna. Esto se puede atribuir a una costumbre de la población.

- Se comprobó además que no se presentaron fugas o roturas en las tuberías de abastecimiento en el periodo de toma de mediciones de volúmenes, permitiendo contabilizar el agua que efectivamente llega a los lavamanos de cada batería sanitaria.

En conclusión, se puede decir que el uso más frecuente es la higiene personal de manos, por tanto, el caudal de ingreso al edificio es prácticamente igual al de retorno, no obstante, bajo criterio propio, se debería aplicar un coeficiente que reduzca el volumen medido que estaría al orden del 0,7 al 0,9. Entonces, el caudal de recirculación de **aguas grises** al edificio en análisis se puede decir que corresponde a $0.780 \text{ m}^3/\text{día} \times 0,8$ obteniendo un **$Q_{ag} = 0,624 \text{ m}^3/\text{día}$** .

El caudal máximo diario necesario para la descarga de aparatos sanitarios es de $0.892 \text{ m}^3/\text{día}$, calculado anteriormente y el caudal de recirculación de aguas grises de $0.624 \text{ m}^3/\text{día}$, la diferencia entre ambos, permite obtener el caudal a extraerse de la fuente subterránea disponible en la Universidad, siendo este valor **$Q_{a.s} = 0.268 \text{ m}^3/\text{día}$** .

3.3. Diseño de la red de agua hacia los edificios en estudio, desde los pozos de extracción hasta el ingreso a los edificios en estudio

A continuación, se muestran los resultados del diseño de la red interna de distribución desde la reserva hacia el ingreso a los edificios en estudio. Si bien ya se ha descrito la infraestructura de cada uno de ellos previamente, vale la pena recordar que los edificios de Administración de Empresas, Psicología, Bloque E1 (Medicina y Ciencias Jurídicas) ya están construidas las redes internas con doble columna de agua, mismos que se pretenden dejar de usar agua potable para la descarga de inodoros y urinarios y que, el edificio de Ciencia y Tecnología es el único que no posee la doble columna de agua para la descarga de aparatos sanitarios y para lavamanos pero dicha red de distribución interna no forma parte de este estudio.

El diseño consta de la extracción de aguas subterráneas de los pozos construidos y en funcionamiento, mismos que cuentan con el sistema de bombeo y medición de

datos, sin embargo, se propone almacenar el volumen de agua del pozo No. 1 y No. 2 en un tanque reservorio, y del pozo No. 3 a otro independiente, desde allí se abastecerán los edificios de Psicología, Administración de Empresas y Bloque E1 y Ciencia y Tecnología respectivamente.

El tanque de reserva de agua se ubicará en la parte más alta del predio, cercano a los pozos de extracción 1 y 2, desde este punto, se diseñará el sistema de distribución a gravedad cumpliendo con las presiones de servicio en el punto más desfavorable. En el caso del Bloque E1 el ingreso al edificio será a través del sistema de bombeo propio, es decir, la conducción del agua subterránea termina en los tanques de almacenamiento del edificio.

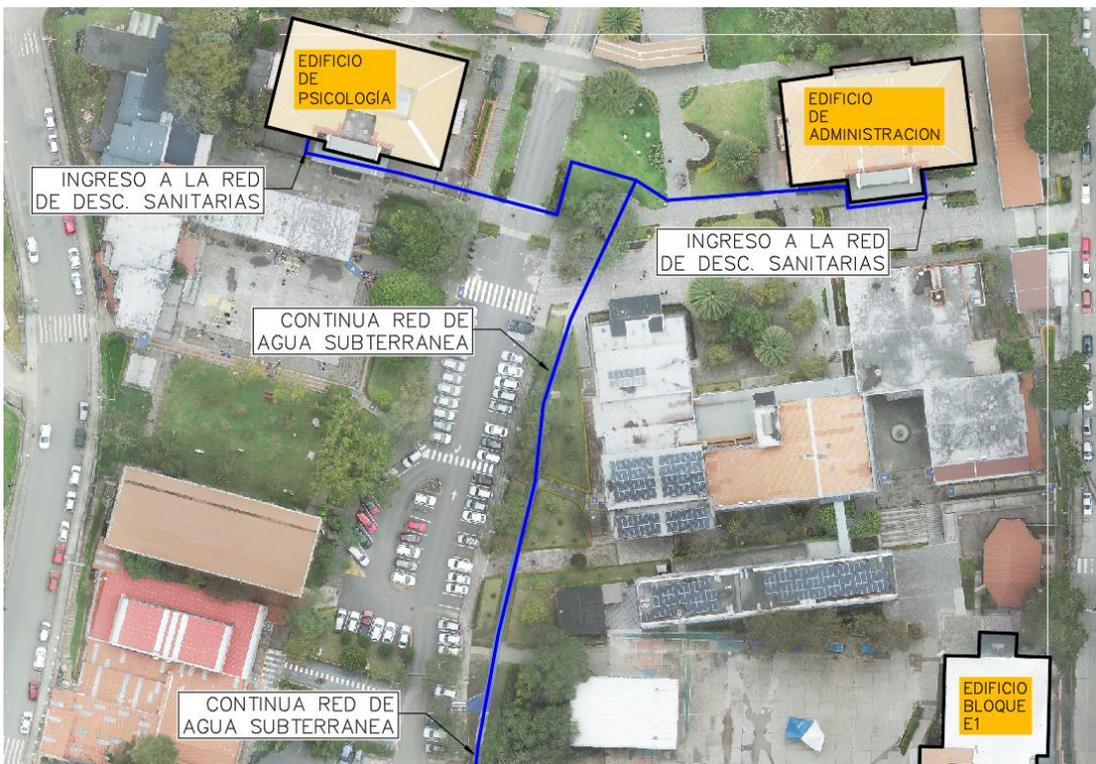
En el caso de Ciencia y Tecnología, es necesario implementar un sistema de bombeo en el tanque reservorio para satisfacer las presiones de servicio en los puntos altos del inmueble.

Figura 16. Red de aguas subterráneas desde la reserva hasta Bloque E1.



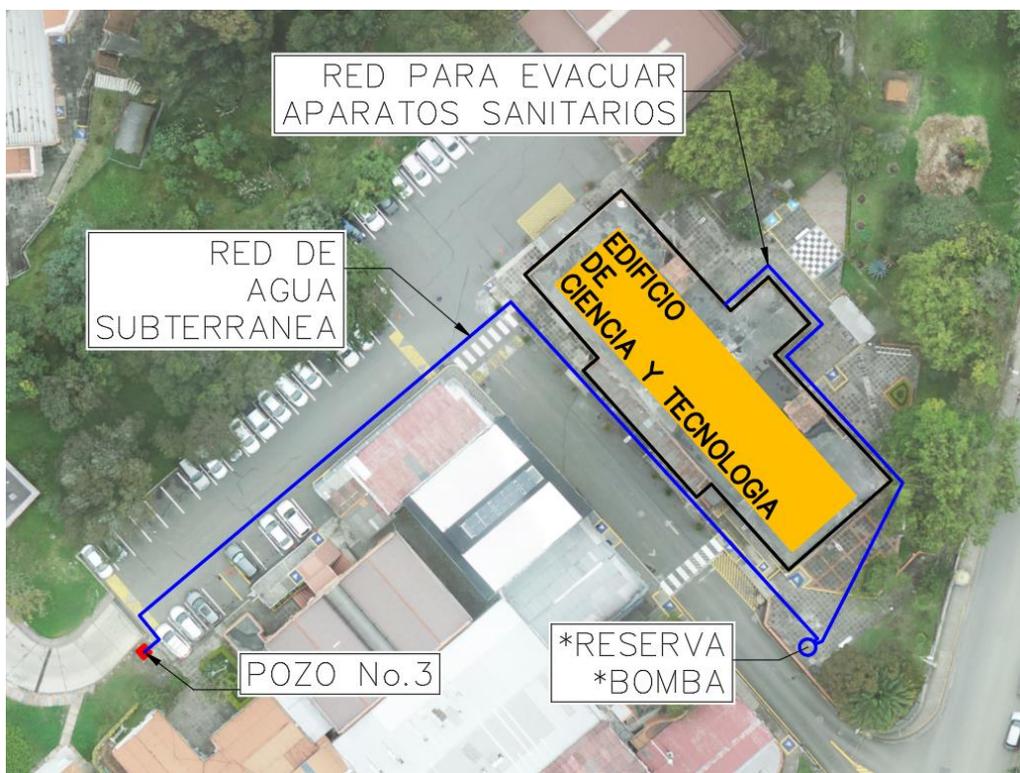
Fuente: Autor.

Figura 17. Red de aguas subterráneas desde la reserva hasta los edificios de Administración de Empresas y Psicología.



Fuente: Autor.

Figura 18. Red de aguas subterráneas desde la reserva hasta los edificios de Ciencia y Tecnología.



Fuente: Autor.

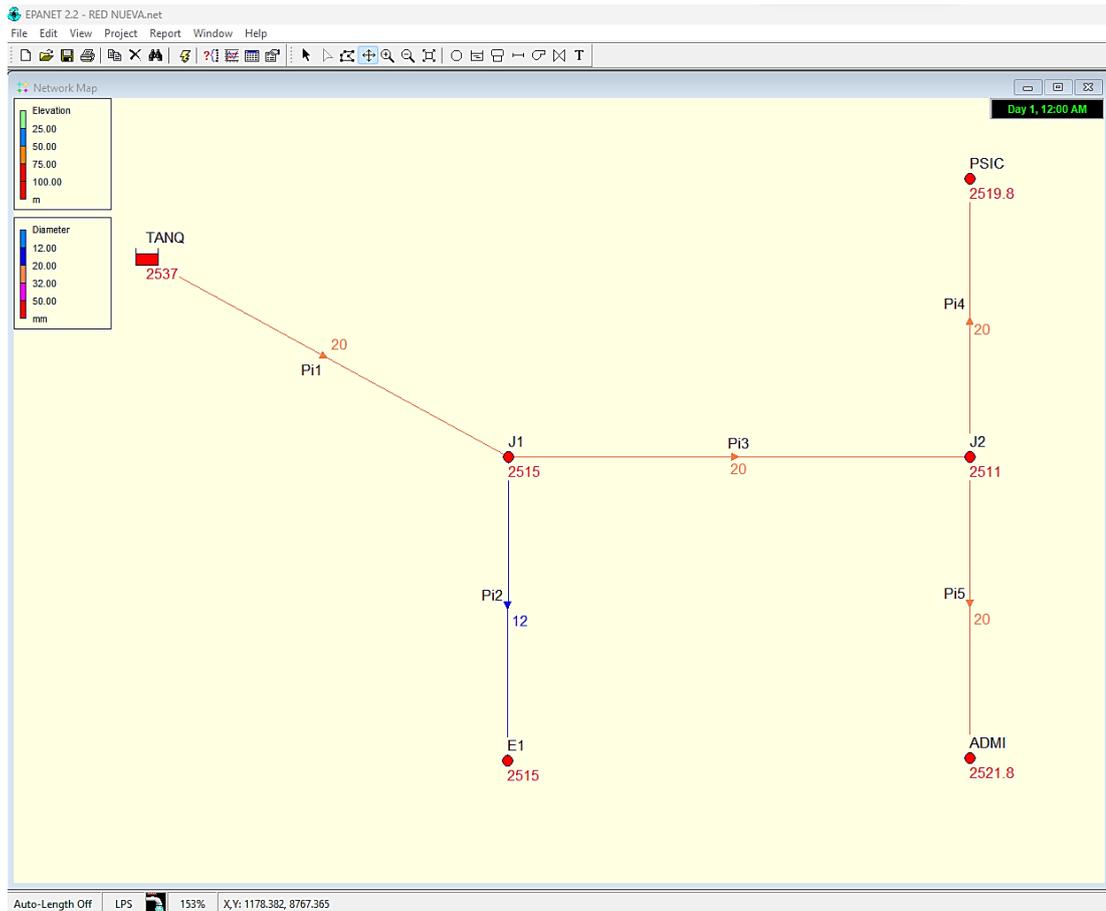
Para el cálculo de la red de distribución de agua se usó el software de libre acceso Epanet, mismo que es aprobado para el diseño hidráulico por parte de la empresa pública de agua potable del cantón Cuenca. Los valores de ingreso en los nodos y tuberías fueron los siguientes:

- Caudal máximo diario para el uso de aparatos sanitarios del edificio de Administración de Empresas y Psicología independientemente: $0.755\text{m}^3/\text{día} = 0.02\text{ l/s}$.
- Caudal máximo diario (menos caudal de recirculación) para el uso de aparatos sanitarios del edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1): $0.268\text{ m}^3/\text{día} = 0.01\text{ l/s}$.
- Cota sobre el nivel del mar de cada nudo más altura desfavorable a salvar es decir la altura del último piso de batería sanitaria en cada edificio. (metros).
 - Altura del edificio hasta el último piso de las baterías sanitarias de los edificios de Administración de Empresas y de Psicología: 10.80m
 - Altura del edificio hasta el último piso de las baterías sanitarias de los edificios de Medicina y Ciencias Jurídicas: 0.00m (descarga a los tanques almacenamiento a nivel de piso)
- Longitud del tramo (metros).
- Coeficiente de Rugosidad del material para la fórmula de Hazen-Williams (adimensional).
- Diámetro de la tubería (milímetros).

Una vez que se ingresa los valores de nodos y tuberías a la simulación, se debe verificar que los resultados cumplan con los criterios de diseño descritos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, capítulo 16, que son los siguientes:

- Velocidad del agua en la tubería mínima y máxima es de 0.6 y 2.5 m/s respectivamente.
- Diámetro mínimo para un inodoro con depósito 16mm (En todos los casos, los edificios poseen columnas de distribución mayores a 25mm), por tanto, se analiza únicamente la red de conducción.
- Presión mínima y recomendada en inodoros con tanque en el punto más desfavorable 3.0 y 7.0 m.c.a.

Figura 19. Ingreso de variables de diseño de la red al programa de cálculo.



Fuente: Autor.

Una vez ingresado los valores, se procede a correr la simulación y los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 25. Resultados obtenidos de la simulación de la red para descargas sanitarias usando el software libre EPANET

RESULTADOS DE LA SIMULACION				

E P A N E T				
*	<i>Hydraulic</i>	<i>and</i>	<i>Water</i>	<i>Quality</i>
*	<i>Analysis</i>	<i>for</i>	<i>Pipe</i>	<i>Networks</i>
*	<i>Version</i>	2.2	*	

<i>Input</i>	<i>File:</i>	RED	NUEVA.net	
<i>Link</i>	-	<i>Node</i>	<i>Table:</i>	

<i>Link</i>	<i>Start</i>	<i>End</i>	<i>Length</i>	<i>Diameter</i>
<i>ID</i>	<i>Node</i>	<i>Node</i>	<i>m</i>	<i>mm</i>

Pi1	TANQ	J1	204.7	20
Pi2	J1	E1	66	12
Pi3	J1	J2	123.9	20
Pi4	J2	PSIC	76	20
Pi5	J2	ADMI	65	20

Node	Results:			
<i>Node</i>	<i>Demand</i>	<i>Head</i>	<i>Pressure</i>	<i>Quality</i>
<i>ID</i>	<i>LPS</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	
J1	0	2536.53	21.53	0
J2	0	2536.34	25.34	0
PSIC	0.02	2536.31	16.51	0
ADMI	0.02	2536.31	14.51	0
E1	0.01	2536.43	21.43	0
TANQ	-0.05	2537	0	0

Link	Results:			
<i>Link</i>	<i>Flow</i>	<i>VelocityUnit</i>	<i>Headloss</i>	<i>Status</i>
<i>ID</i>	<i>LPS</i>	<i>m/s</i>	<i>m/km</i>	
Pi1	0.05	0.16	2.31	<i>Open</i>
Pi2	0.01	0.09	1.41	<i>Open</i>
Pi3	0.04	0.13	1.53	<i>Open</i>
Pi4	0.02	0.06	0.42	<i>Open</i>
Pi5	0.02	0.06	0.42	<i>Open</i>

Fuente: Autor.

Los resultados obtenidos de la simulación deben satisfacer los criterios de diseño establecidos en la NEC-11 mencionados anteriormente y, en conclusión, el diseño propuesto cumple con los criterios.

CAPÍTULO 4

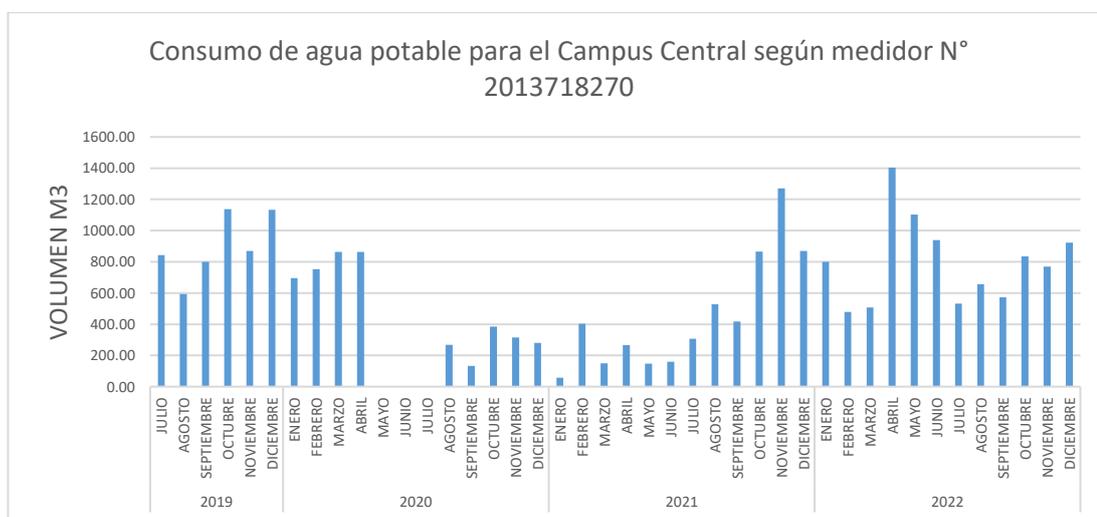
4. EVALUACIÓN ECONÓMICA: VALORES DE PLANILLAS DE CONSUMO Y DE LA INVERSIÓN PARA LA NUEVA RED.

En este capítulo se calcula el valor económico que podría reducirse al dejar de usar agua potable en la descarga de aparatos sanitarios para hacerlo mediante la recirculación de aguas grises de lavamanos o aguas subterráneas de los edificios en estudio. De igual manera, se estima el costo de construcción de la red propuesta para la distribución de agua subterránea hasta las columnas de agua para descargas de aparatos sanitarios y determinar el tiempo de retorno del capital inicial.

4.1. Volumen de agua consumidos en los últimos tres años de los medidores de agua potable.

En los datos que se muestran a continuación se puede observar el consumo de agua potable mensual planillado medido en metros cúbicos del medidor no. 2013718270 que suministra al campus central, específicamente a los edificios de Administración de Empresas, Psicología, Bloque E1 y otras edificaciones más. El medidor no. 2017000468 suministra al edificio de Ciencia y Tecnología y otros alrededor.

Figura 20. Volúmenes de agua potable consumidos en el medidor No. 2013718270.



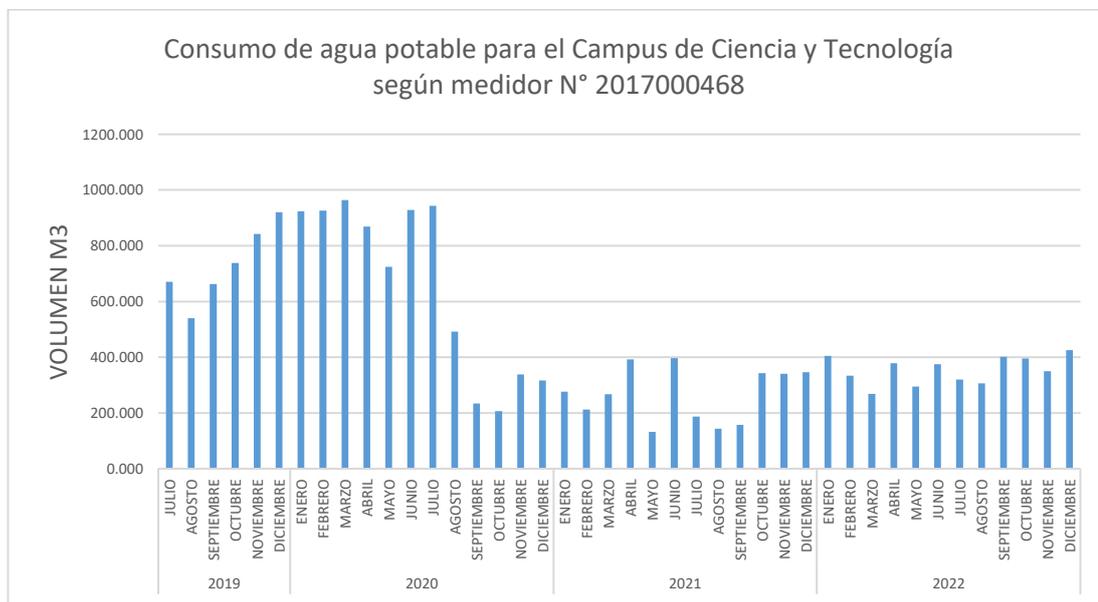
Fuente: Autor.

En el grafico anterior se muestra que el mayor consumo de agua se dio en el mes de abril del 2022 con un total de 1403 metros cúbicos, mientras que en septiembre del 2020 se dio el menor consumo con 133 metros cúbicos de agua. El promedio de consumo de agua desde julio del 2019 hasta diciembre del 2022 es de 632 metros cúbicos de agua, sin contar los meses de consumo 0.

Debido a la pandemia de COVID-19, los meses de mayo, junio y julio de 2020 no presentan valores de consumo, posteriormente y hasta el mes de septiembre de 2021 los volúmenes de agua muestran reducción respecto al año pasado debido posiblemente a que una parte de alumnado recibía clases en los predios de la Universidad y otra parte recibía de manera “virtual” usando medios tecnológicos e internet desde sus domicilios.

A partir de octubre del año 2021 y hasta la fecha las clases han retornado a la presencialidad y si se toma promedio mensual desde ese mes en adelante, el valor es de **834 metros cúbicos**.

Figura 21. Volúmenes de agua potable consumidos en el medidor No. 2017000468.



Fuente: Autor.

En el mes de marzo del 2020 hubo el mayor consumo de agua con un total de 964 metros cúbicos, mientras que en el mes de mayo 2021 hubo el menor consumo con 132 metros cúbicos de agua consumida. El promedio de consumo de agua desde julio del año 2019 hasta diciembre del 2022 es de 468 metros cúbicos de agua. Si se analiza

a partir del retorno a las clases presenciales desde julio del 2021 en adelante, el promedio mensual es de **311 metros cúbicos** de agua.

4.2. Análisis de costos de los últimos tres años de los medidores de agua potable.

Para el análisis económico, se procesaron los datos de las facturas emitidas mensualmente, donde se puede evidenciar el consumo total (volumen), el precio unitario del consumo de agua potable y el valor total de la factura, incluido el servicio de alcantarillado.

A continuación, se muestran dos tablas resumen de dichas planillas de consumo de agua potable para el campus central y posteriormente para el campus de Ciencia y Tecnología.

Tabla 26. Planillas económicas mensuales desglosadas del medidor no. 2013718270

TABLA RESUMEN DE CONSUMOS MENSUALES Y VALORES PAGADOS POR AGUA Y ALCANTARILLADO. MEDIDOR NO. 2013718270													
AÑO	MES DE CONSUMO	AGUA POTABLE			AGUA POTABLE			ALCANTARILLADO			M3 TOTAL	VALOR FACTURA	% ALCANTARILLADO
		M3	P.U.	PRECIO TOTAL	M3	P.U.	P. TOTAL	CANT	P.U.	PRECIO TOTAL			
2019	JULIO	50	0.842	42.10	792	1.2530	992.37	1.00	519.34	519.34	842.00	1553.81	50.20%
2019	AGOSTO	50	0.842	42.10	544	1.2530	681.63	1.00	363.97	363.97	594.00	1087.70	50.29%
2019	SEPTIEMBRE	50	0.842	42.10	749	1.2530	938.49	1.00	492.40	492.40	799.00	1472.99	50.21%
2019	OCTUBRE	50	0.842	42.10	1088	1.2530	1363.26	1.00	704.78	704.78	1138.00	2110.14	50.15%
2019	NOVIEMBRE	50	0.842	42.10	820	1.2530	1027.45	1.00	536.88	536.88	870.00	1606.43	50.20%
2019	DICIEMBRE	50	0.842	42.10	1084	1.2530	1358.24	1.00	702.28	702.28	1134.00	2102.62	50.15%
2020	ENERO	50	0.842	42.10	646	1.2530	809.43	1.00	419.39	419.39	696.00	1270.92	49.25%
2020	FEBRERO	50	0.842	42.10	702	1.2530	879.60	1.00	455.75	455.75	752.00	1377.45	49.45%
2020	MARZO	50	0.842	42.10	814	1.2530	1019.94	1.00	533.12	533.12	864.00	1595.16	50.20%
2020	ABRIL	50	0.842	42.10	814	1.2530	1019.94	1.00	533.12	533.12	864.00	1595.16	50.20%
2020	MAYO	0	0.000	0.00	0	0.0000	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00%
2020	JUNIO	0	0.000	0.00	0	0.0000	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00%
2020	JULIO	0	0.000	0.00	0	0.0000	0.00	0.00	6.72	0.00	0.00	0.00	0.00%
2020	AGOSTO	50	0.842	42.10	218	1.2530	273.15	1.00	159.73	159.73	268.00	474.98	50.67%
2020	SEPTIEMBRE	50	0.842	42.10	83	1.2530	104.00	1.00	75.15	75.15	133.00	221.25	51.44%
2020	OCTUBRE	50	0.842	42.10	335	1.2530	419.75	1.00	233.03	233.03	385.00	694.88	50.46%
2020	NOVIEMBRE	50	0.842	42.10	265	1.2530	332.04	1.00	189.17	189.17	315.00	563.31	50.56%
2020	DICIEMBRE	50	0.842	42.10	231	1.2530	289.44	1.00	167.87	167.87	281.00	499.41	50.63%
2021	ENERO	50	0.842	42.10	8	1.2530	10.02	1.00	28.16	28.16	58.00	80.28	54.03%
2021	FEBRERO	50	0.842	42.10	353	1.2530	442.30	1.00	244.31	244.31	403.00	728.71	50.44%
2021	MARZO	50	0.842	42.10	99	1.2530	124.05	1.00	85.17	85.17	149.00	251.32	51.26%

2021	ABRIL	50	0.842	42.10	216	1.2530	270.64	1.00	158.48	158.48	266.00	471.22	50.67%
2021	MAYO	50	0.842	42.10	97	1.2530	121.54	1.00	83.92	83.92	147.00	247.56	51.28%
2021	JUNIO	50	0.842	42.10	110	1.2530	137.83	1.00	92.07	92.07	160.00	272.00	51.17%
2021	JULIO	50	0.842	42.10	257	1.2530	322.02	1.00	184.16	184.16	307.00	548.28	50.58%
2021	AGOSTO	50	0.842	42.10	477	1.2530	597.67	1.00	321.99	321.99	527.00	961.76	50.33%
2021	SEPTIEMBRE	50	0.842	42.10	367	1.2530	459.84	1.00	253.08	253.08	417.00	755.02	50.42%
2021	OCTUBRE	50	0.842	42.10	815	1.2530	1021.18	1.00	533.75	533.75	865.00	1597.03	50.20%
2021	NOVIEMBRE	50	0.842	42.10	1221	1.2530	1529.89	1.00	788.11	788.11	1271.00	2360.10	50.13%
2021	DICIEMBRE	50	0.842	42.10	819	1.2530	1026.19	1.00	536.25	536.25	869.00	1604.54	50.20%
2022	ENERO	50	0.858	42.90	749	1.2770	956.48	1.00	501.83	501.83	799.00	1501.21	50.21%
2022	FEBRERO	50	0.858	42.90	428	1.2770	546.56	1.00	296.87	296.87	478.00	886.33	50.36%
2022	MARZO	50	0.858	42.90	458	1.2770	584.87	1.00	316.03	316.03	508.00	943.80	50.34%
2022	ABRIL	50	0.858	42.90	1353	1.2770	1727.79	1.00	887.48	887.48	1403.00	2658.17	50.12%
2022	MAYO	50	0.858	42.90	1053	1.2770	1344.69	1.00	695.93	695.93	1103.00	2083.52	50.15%
2022	JUNIO	50	0.858	42.90	890	1.2770	1136.54	1.00	591.86	591.86	940.00	1771.30	50.18%
2022	JULIO	50	0.858	42.90	482	1.2770	615.52	1.00	331.35	331.35	532.00	989.77	50.33%
2022	AGOSTO	50	0.858	42.90	607	1.2770	775.14	1.00	411.16	411.16	657.00	1229.20	50.26%
2022	SEPTIEMBRE	50	0.858	42.90	522	1.2770	666.60	1.00	356.89	356.89	572.00	1066.39	50.30%
2022	OCTUBRE	50	0.858	42.90	784	1.2770	1001.18	1.00	524.18	524.18	834.00	1568.26	50.21%
2022	NOVIEMBRE	50	0.858	42.90	719	1.2770	918.17	1.00	482.68	482.68	769.00	1443.75	50.22%
2022	DICIEMBRE	50	0.858	42.90	873	1.2770	1114.83	1.00	581.00	581.00	923.00	1738.73	50.18%

Fuente: Autor.

Tabla 27. Planillas económicas mensuales desglosadas del medidor no. 2017000468.

TABLA RESUMEN DE CONSUMOS MENSUALES Y VALORES PAGADOS POR AGUA Y ALCANTARILLADO. MEDIDOR NO. 2017000468													
AÑO	MES DE CONSUMO	AGUA POTABLE			AGUA POTABLE			ALCANTARILLADO			M3 TOTAL	VALOR FACTURA	% ALCANT
		M3	P.U.	PRECIO TOTAL	M3	P.U.	P. TOTAL	CANT .	P.U.	PRECIO TOTAL			
2019	JULIO	50	0.842	42.10	621	1.2530	778.11	1.00	412.21	412.21	671.00	1232.42	50.26%
2019	AGOSTO	50	0.842	42.10	490	1.2530	613.97	1.00	330.14	330.14	540.00	986.21	50.32%
2019	SEPTIEMBRE	50	0.842	42.10	613	1.2530	768.08	1.00	407.2	407.20	663.00	1217.38	50.26%
2019	OCTUBRE	50	0.842	42.10	688	1.2530	862.06	1.00	454.18	454.18	738.00	1358.34	50.23%
2019	NOVIEMBRE	50	0.842	42.10	793	1.2530	993.62	1.00	519.97	519.97	843.00	1555.69	50.20%
2019	DICIEMBRE	50	0.842	42.10	870	1.2530	1090.10	1.00	568.21	568.21	920.00	1700.41	50.19%
2020	ENERO	50	0.842	42.10	874	1.2530	1095.12	1.00	573.36	573.36	924.00	1710.58	50.42%
2020	FEBRERO	50	0.842	42.10	876	1.2530	1097.62	1.00	574.67	574.67	926.00	1714.39	50.42%
2020	MARZO	50	0.842	42.10	914	1.2530	1145.23	1.00	595.77	595.77	964.00	1783.10	50.18%
2020	ABRIL	50	0.842	42.10	819	1.2530	1026.20	1.00	536.25	536.25	869.00	1604.55	50.20%
2020	MAYO	50	0.842	42.10	675	1.2530	845.77	1.00	446.04	446.04	725.00	1333.91	50.24%
2020	JUNIO	50	0.842	42.10	878	1.2530	1100.13	1.00	573.22	573.22	928.00	1715.45	50.18%
2020	JULIO	50	0.842	42.10	893	1.2530	1118.92	1.00	582.62	582.62	943.00	1743.64	50.18%
2020	AGOSTO	50	0.842	42.10	442	1.2530	553.82	1.00	300.06	300.06	492.00	895.98	50.35%
2020	SEPTIEMBRE	50	0.842	42.10	184	1.2530	230.55	1.00	138.43	138.43	234.00	411.08	50.77%
2020	OCTUBRE	50	0.842	42.10	157	1.2530	196.72	1.00	121.51	121.51	207.00	360.33	50.88%

2020	NOVIEMBRE	50	0.842	42.10	288	1.2530	360.86	1.00	203.58	203.58	338.00	606.54	50.52%
2020	DICIEMBRE	50	0.842	42.10	267	1.2530	334.55	1.00	190.43	190.43	317.00	567.08	50.56%
2021	ENERO	50	0.842	42.10	227	1.2530	284.43	1.00	165.37	165.37	277.00	491.90	50.64%
2021	FEBRERO	50	0.842	42.10	162	1.2530	202.98	1.00	124.64	124.64	212.00	369.72	50.86%
2021	MARZO	50	0.842	42.10	217	1.2530	271.90	1.00	159.1	159.10	267.00	473.10	50.67%
2021	ABRIL	50	0.842	42.10	342	1.2530	428.52	1.00	237.41	237.41	392.00	708.03	50.45%
2021	MAYO	50	0.842	42.10	82	1.2530	102.75	1.00	74.52	74.52	132.00	219.37	51.45%
2021	JUNIO	50	0.842	42.10	347	1.2530	434.79	1.00	240.55	240.55	397.00	717.44	50.44%
2021	JULIO	50	0.842	42.10	137	1.2530	171.66	1.00	108.98	108.98	187.00	322.74	50.98%
2021	AGOSTO	50	0.842	42.10	94	1.2530	117.78	1.00	82.04	82.04	144.00	241.92	51.31%
2021	SEPTIEMBRE	50	0.842	42.10	108	1.2530	135.32	1.00	90.81	90.81	158.00	268.23	51.18%
2021	OCTUBRE	50	0.842	42.10	293	1.2530	367.13	1.00	206.72	206.72	343.00	615.95	50.51%
2021	NOVIEMBRE	50	0.842	42.10	291	1.2530	364.62	1.00	205.46	205.46	341.00	612.18	50.52%
2021	DICIEMBRE	50	0.842	42.10	297	1.2530	372.14	1.00	209.22	209.22	347.00	623.46	50.51%
2022	ENERO	50	0.858	42.90	355	1.2770	453.34	1.00	250.26	250.26	405.00	746.50	50.43%
2022	FEBRERO	50	0.858	42.90	284	1.2770	362.67	1.00	204.93	204.93	334.00	610.50	50.53%
2022	MARZO	50	0.858	42.90	219	1.2770	279.67	1.00	163.43	163.43	269.00	486.00	50.67%
2022	ABRIL	50	0.858	42.90	328	1.2770	418.86	1.00	233.02	233.02	378.00	694.78	50.46%
2022	MAYO	50	0.858	42.90	245	1.2770	312.87	1.00	180.03	180.03	295.00	535.80	50.60%
2022	JUNIO	50	0.858	42.90	325	1.2770	415.03	1.00	231.11	231.11	375.00	689.04	50.47%
2022	JULIO	50	0.858	42.90	270	1.2770	344.79	1.00	195.99	195.99	320.00	583.68	50.55%
2022	AGOSTO	50	0.858	42.90	256	1.2770	326.92	1.00	187.05	187.05	306.00	556.87	50.58%
2022	SEPTIEMBRE	50	0.858	42.90	352	1.2770	449.51	1.00	248.35	248.35	402.00	740.76	50.44%
2022	OCTUBRE	50	0.858	42.90	346	1.2770	441.85	1.00	244.52	244.52	396.00	729.27	50.44%
2022	NOVIEMBRE	50	0.858	42.90	300	1.2770	383.10	1.00	215.14	215.14	350.00	641.14	50.50%
2022	DICIEMBRE	50	0.858	42.90	375	1.2770	478.88	1.00	263.03	263.03	425.00	784.81	50.41%

Fuente: Autor.

Como se puede observar en las tablas anteriores, los 50 primeros metros cúbicos de consumo de agua potable tienen un costo unitario diferenciado de **0.858 dólares**. Luego de este volumen de consumo, la empresa proveedora de agua cobra el metro cúbico a un precio unitario de **1.277 dólares**, ambos valores a la fecha de diciembre de 2022.

Además, el servicio de alcantarillado que se cobra en la misma planilla, corresponde aproximadamente al 50.45% del valor total de consumo de agua potable, es decir que, al reducir la cantidad de consumo, de manera directa, reduce el valor de cobro del alcantarillado y por ende el valor final de la planilla.

En conclusión, cada metro cúbico de agua, tomando en cuenta el consumo de agua potable más el servicio de alcantarillado, cuesta **1.329 dólares por metro cúbico**

cuando el consumo es **inferior a 50 m³** y **1.979 dólares por metro cúbico** para el consumo **superior a 50m³**.

4.3. Estimación de costos de implementar la red de aguas subterráneas para la descarga de aparatos sanitarios.

Para estimar el costo de implementación de la red de aguas subterráneas se obtuvo a partir del trazado diseñado de la red desde la reserva hasta el pie de los edificios en estudio, donde se conectará a la red para uso sanitario (ver figuras No. 11, 12 y 13).

Posteriormente se plantean los rubros a ejecutarse de acuerdo a la topografía y uso actual del suelo, con las respectivas cantidades a ejecutarse y los precios unitarios, de tal manera que se puede obtener el presupuesto referencial de obra. Dicho presupuesto está calculado para la implementación de las dos redes de distribución, tanto para los edificios de Administración de Empresas, Psicología y Bloque E1, así como para el edificio de Ciencia y Tecnología.

Tabla 28. Presupuesto referencial de obra.

PRESUPUESTO REFERENCIAL DE OBRA					
ITEM	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	CONSTRUCCION DE LA RED DE AGUA SUBTERRANEA				
1	Replanteo	Km	0.66	400.00	265.20
2	Rotura de asfalto 3"	m ²	50.25	4.15	208.54
3	Reposición de calzada de asfalto de 3"	m ³	3.77	260.00	979.88
4	Rotura de losa de hormigón.	m ²	26.40	5.85	154.44
5	Reposición de calzada de hormigón e=10cm	m ²	26.40	13.90	366.96
6	Excavación a máquina en Suelo sin clasificar, Prof. entre 0 a 2m	m ³	248.50	2.22	551.67
7	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Prof. entre 0 y 2 m	m ³	12.43	11.50	142.89
8	Relleno compactado con material de sitio	m ³	124.25	5.07	629.95
9	Relleno compactado con material de reposición	m ³	124.25	16.58	2060.07
10	Cargada de material a mano	m ³	16.15	4.37	70.58
11	Cargada de Material a maquina	m ³	145.37	1.15	167.18
12	Transporte de material hasta 5km	m ³	161.52	2.02	326.27
13	Transporte de materiales más de 5 Km	m ³ -km	1615.20	0.22	355.34
14	Impuesto de Escombrera	m ³	161.52	0.74	119.52
15	Catastro de agua potable	Km	1.00	200.00	200.00
16	Sum, Tubería PVC U/E 1,00 MPA D= 20mm	m	663.00	1.80	1193.40
17	Colocación Tubería PVC U/E D= 20mm	m	663.00	0.22	145.86
18	Sum, Ins, Unión PVC U/E D=20	U	100.00	0.60	60.00
19	Sum, Ins, Tee PVC U/E D=20	U	15.00	0.41	6.15
20	Sum, Ins, Codo 90g PVC U/E D=20	U	30.00	2.90	87.00
21	Sum, Ins, Válvula HF D=20 mm	U	5.00	4.10	20.50
22	Sum, Bomba 2.5Hp D=20 mm	u	1.00	350.00	350.00
23	Inst, Bomba 2.5Hp D=20 mm, con tablero de control y accesorio	u	1.00	888.00	888.00
23	Sum, Ins, tanque de PVC para agua potable 2.5 m ³	u	2.00	400.00	800.00
				SUBTOTAL	10149.38

Fuente: Autor.

4.4. Tiempo de retorno del capital inicial de obra para la implementación de la red nueva para agua subterránea.

Como ya se calculó anteriormente, el costo inicial de la implementación de la red para evacuación de aparatos sanitarios mediante el uso de agua subterránea, es de **10149.38 dólares**, esto sería nuestra capital inicial.

Si se conoce que el caudal medio diario para la descarga de aparatos sanitarios en los cuatro edificios: Administración de Empresas, Psicología, Bloque E1 y Ciencia y Tecnología es de 2.434 m³/día, como se observa en la tabla No. 19 y si se multiplica por el promedio mensual de 30.416 días al año, se obtiene el volumen mensual requerido para descargas sanitarias o denominado el ahorro en volumen de agua mensual, dando como resultado **74.032 metros cúbicos al mes**.

Con el ahorro en volumen de agua potable, se procede a estimar el valor económico mensual que puede ahorrar la Universidad del Azuay. Como se había mencionado en el numeral 4.2, el precio unitario a diciembre de 2022 es de 1.979 dólares por metro cúbico, ya que en ningún mes se consume menos de 50 m³, por tanto, esto significa un ahorro de **146.51 dólares mensuales** aproximadamente.

Finalmente, si dividimos la inversión inicial para el valor de ahorro mensual, obtenemos el tiempo en meses del retorno de capital y a partir de ese tiempo, el ahorro económico mensual se puede decir que es neto. El resultado de esta partición es de 69.27 meses, es decir aproximadamente **5 años y 9 meses**.

CAPÍTULO 5

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En este capítulo se muestran de manera simplificada y resumida, cada una de las variables analizadas para poder dotar de agua subterránea para la descarga de los aparatos sanitarios en los diferentes edificios.

Tabla 29. Resumen de los valores calculados en cada variable de estudio para los edificios analizados.

RESUMEN DE LAS VARIABLES ANALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS						
ID	VARIABLES	UNIDAD	Administración de Empresas	Psicología	Bloque E1	Ciencia y Tecnología
1	Qmed diario para descargas de aparatos sanitarios.	m3/día	0.581	0.581	0.686	0.545
2	Qmed diario para uso de lavamanos.	m3/día	0.431	0.431	0.600	0.433
3	Qmax diario para descargas sanitarias.	m3/día	0.755	0.755	0.892	0.709
4	Qmax diario para uso de lavamanos.	m3/día	0.560	0.560	0.780	0.563
ID	VARIABLES	UNIDAD	Pozo 1	Pozo 2		Pozo 3
5	Qmed diario extracción de agua subterránea.	m3/día	0.144	0.285		0.189
ID	VARIABLES	UNIDAD	Administración de Empresas	Psicología	Bloque E1	Ciencia y Tecnología
6	Qmax diario de recirculación de agua grises.	m3/día	0.000	0.000	0.624	0.000
7	Qmd (demanda) para descarga de aparatos sanitarios. (ID3-ID6)	m3/día	0.755	0.755	0.268	0.709
8	Qmd (oferta) para descarga de aparatos sanitarios. (Σ ID5- Σ ID7)	m3/día	-1.493			-0.520
ID	VARIABLES	UNIDAD	Medidor Campus Central			Medidor Campus CCTT
9	Consumo promedio según las facturas de agua potable.	m3/mes	834.000			311.000
ID	VARIABLES	UNIDAD	Administración de Empresas	Psicología	Bloque E1	Ciencia y Tecnología
10	Presupuesto referencial de la nueva red para descargas sanitarias.	Dólares	10 149.380			
11	Ahorro mensual al usar agua subterránea en descargas sanitarias.	m3/mes	74.032			

12	Ahorro mensual al usar agua subterránea en descargas sanitarias.	Dólares / mes	146.510
13	Tiempo de retorno del capital inicial de la nueva red de descargas sanitarias.	meses	69.270

Fuente: Autor.

En el numeral ID.8 de la tabla anterior, se puede determinar que el caudal máximo diario actual (oferta), proveniente de la extracción de agua subterránea, no satisface el caudal (demanda) para cumplir con la descarga de los aparatos sanitarios de los edificios en estudio. Previo a una posible implementación de la red, es necesario contar con una fuente adicional que garantice el caudal máximo diario de consumo.

En conclusión, las variables que se analizaron en esta tesis de investigación han podido determinar que existe un ahorro económico mensual en las planillas de consumo, que permitiría cubrir a mediano plazo la inversión inicial de la nueva red y en lo posterior, disponer con dicho ahorro mensual de manera efectiva.

Sin embargo, lo más destacable son los 74.00 m³ de agua potable que se puede dejar de usar en procesos de descargas de aparatos sanitarios de manera mensual. Eso equivaldría a llenar con agua potable un tanque con dimensiones de 1.00 x 1.00 metros de base y 2.50 metros de altura diariamente.

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

6.1.1. Mediciones de volúmenes consumidos en los edificios y estimación de caudales medios diarios.

Los registros semanales de consumo de agua en el edificio de Administración de Empresas, en el baño de mujeres, alcanzan los 299 días, es decir 10 meses, donde la confiabilidad de los datos aumenta. Para el de hombres, los registros son de 56 días, reduciendo el valor de confiabilidad.

En el caso del Edificio de Medicina y Ciencias Jurídicas (Bloque E1) alcanza los 56 días, donde los valores obtenidos están con menos rango de confiabilidad.

El caso del edificio de Ciencia y Tecnología alcanzan los 100 días, donde la confiabilidad de los datos aumenta.

Los caudales medios diarios han sido calculados en base al consumo semanal y que podrían resultar menor que el valor calculado por dotación diaria que la Norma NEC-11 establece para Universidades.

De todos los contadores de agua instalados, se pudo verificar que el consumo de agua potable para la descarga de aparatos sanitarios es mayor que el consumo de agua potable para lavamanos e implícitamente al consumo humano, de todos los edificios en estudio.

6.1.2. Diseño de la red de agua para descargas de aparatos sanitarios y caudal de extracción de agua subterránea.

Los datos recopilados de la plataforma donde registran los valores diarios de altura de agua en la tubería de 6" instalada cada 10 segundos aproximadamente, permiten obtener el caudal medio diario de extracción de agua subterránea muy confiables.

Los días que no se cuenta con registro, se debe posiblemente a la pérdida de señal de internet con la que el módulo de recopilación de información envía los datos al servidor.

Si bien este momento el volumen de extracción está siendo evacuado al alcantarillado ya que el objetivo del mismo es mantener deshidratado al suelo, se puede aprovechar el para el uso de descargas sanitarias en edificios.

En este momento, el caudal medio diario extraído de los pozos de agua subterránea, no satisfacen la demanda de agua para descargas de aparatos sanitarios.

El caudal de recirculación de aguas grises o aguas jabonosas que proviene de los lavamanos proviene del bloque E1, puesto que sus desagües se encuentran contruidos de manera independiente, inclusive el agua de lluvia en las cubiertas cuenta con una red independiente y de ser necesario se podría usar para la recirculación de agua a los inodoros y urinarios de este mismo edificio.

En ambos casos, las aguas subterráneas y aguas jabonosas, no se han realizado estudios de calidad de agua, puesto que no forma parte de esta investigación, pero se debe considerar un análisis previo el ingreso a las redes para la descarga sanitaria en los edificios, de modo que cumplan con las normas que se estipulen para este efecto.

El diseño hidráulico para la nueva red de abastecimiento a los aparatos sanitarios, cumple con los requisitos de diseño: diámetros, presión, velocidad y pérdidas unitarias.

Gracias a la topografía favorable, la red se consideró como un sistema a gravedad desde la reserva, lo cual evita el consumo energético para los edificios de Administración de Empresas y de Psicología al no usar sistemas de bombeo.

El Bloque E1, ya cuenta con el grupo de bombeo para la recirculación de agua y únicamente para el edificio de Ciencia y Tecnología se propone el uso de una bomba para impulsar a los niveles superiores.

6.1.3. Evaluación económica del proyecto, costo de la inversión inicial, reducción de valores económicos planillados y tiempo de retorno del capital.

De acuerdo con los valores calculados, el ahorro mensual al implementar la red para las descargas sanitarias está en el orden de 146.51 dólares mensuales aproximadamente, lo que implica una reducción en el volumen mensual de 74.03 m³.

El consumo promedio de agua potable en total es de 1145 m³ por mes, eso significa aproximadamente 2234.60 dólares al mes incluido el servicio de alcantarillado. Con la implementación de la nueva red, pasaría a 2088.00 aproximadamente, decir un 6.66% menos.

El costo referencial para la implementación de la nueva red para la descarga de aparatos sanitarios, tiene un costo de 10149.38 dólares, mismo que será devengado en un tiempo de 5 años y 9 meses aproximadamente. En este mismo tiempo, se dejaría de consumir más de 5000 m³ de agua potable.

6.2.Recomendaciones

Implementar sistemas de recirculación de agua, usar aparatos sanitarios de menor consumo, dejar de usar agua potable para fines innecesarios, contribuyen significativamente al Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS): Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

Monitorear los contadores de volumen de consumo instalados de manera regular y periódica, esto permitirá obtener caudales más confiables.

De ser posible instalar contadores de caudales en las baterías sanitarias de manera que permitan obtener el consumo total de cada edificio.

Considerar en las remodelaciones o construcciones nuevas de baterías sanitarias en la Universidad del Azuay, la doble red de agua tanto para las descargas sanitarias y para lavamanos (consumo humano).

De igual manera, considerar las redes de desagües independientes para el reúso de las aguas grises o jabonosas en cada edificio, puesto que luego del uso humano, estas aguas aportan gran caudal necesario para recircular al uso sanitario.

El consumo promedio mensual de agua potable contabilizada, supera notablemente al posible ahorro generado usando agua subterránea para descargas sanitarias en sus baterías sanitarias en estudio, lo cual indica que existen otras dependencias o actividades que involucren mayor consumo de agua potable dentro de la Universidad.

Es posible que las actividades como el riego de espacios verdes, limpieza y funcionamiento de piletas, actividades de construcción y posibles fugas no detectadas, aporten especialmente al consumo mensual de agua potable, mismas que podrían ser reducidas del consumo potable.

Aumentar el caudal de agua subterránea para satisfacer la demanda de agua para descargas sanitarias de los edificios y posiblemente a las otras actividades antes descritas, al implementar uno o más pozos de extracción de agua, preferentemente en zonas cercanas al río, donde se pueda contar con caudales de escorrentía y niveles freáticos más superficiales.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial. (3 de Octubre de 2022). *Agua: Banco Mundial*. Obtenido de Bando Mundial: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- Baquero, M. (24 de Junio de 2018). *Ahorro de agua y reutilizacion en la edificacion en la ciudad de Cuenca, Ecuador*. Obtenido de Universidad de Cuenca: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/view/313/266>
- Catellanos, L., & Garcia, C. (03 de Julio de 2015). *PROTOTIPO DE SISTEMA DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO AGUAS LLUVIAS*. Obtenido de Universidad Catolica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/items/f00e029c-c6e6-47c3-b802-7678a9d58490>
- ETAPA EP. (02 de Febrero de 2023). *Agua Potable*. Obtenido de ETAPA EP: <https://www.etapa.net.ec/principal/agua-potable>
- Guerra Romero, L. (01 de Mayo de 2019). *METODOLOGIA PARA LA REUTILIZACION DE AGUAS LLUVIAS Y GRISES EN EDIFICACIONES*. Obtenido de Universidad Catolica de Colombia : <https://repository.ucatolica.edu.co/items/51989db2-8383-4473-b85e-cf52618fd332>
- Herrera , H., & García, P. (10 de Junio de 2021). *DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES EN VIVIENDAS*. Obtenido de Universidad Catolica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/8daa882f-8ac9-4c27-9214-bce63c80fa94/content>
- Humilde, M. (8 de Febrero de 201). *Reutilizacion de agaus grises practica viable todos*. Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/blogs/humilde-martin-lucas/reutilizacion-aguas-grises-practica-viable-todos>
- Instituto Carlos Slim De La Salud. (26 de Enero de 2012). *Las aguas jabonosas*. Obtenido de Instituto Carlos Slim De La Salud: <https://saluddigital.com/es/>
- Mahdjoubi, M. (15 de Noviembre de 2015). *Ducha OrbSys. Permite ahorrar un 90% en agua y un 80% en energia. Ecoinventos*. Obtenido de Ecoinventos: <https://ecoinventos.com/ducha-orbsys-permite-ahorrar-un-90-en-agua-y-un-80-en-energia/>
- Meléndez , J., Lemos, M., Domínguez, I., & Oviedo, R. (30 de Septiembre de 2019). *Reutilización de aguas grises domésticas para el uso eficiente del recurso hídrico: aceptación social y análisis financiero. Un caso en Portugal*. Obtenido de Universidad Industrial de Santander: <https://www.redalyc.org/journal/5537/553762463021/html/>

- Menter , F. (1994). Two-Equation Eddy-Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications.
- Morales Pérez, D. F., Mancheno Saá, M. J., & Gamboa Salinas, J. M. (16 de Marzo de 2020). *Administración hídrica eco sustentable: Una perspectiva necesaria en la gestión de recursos no renovables*. FIPCAEC. Obtenido de FIPCAEC: <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/191>
- Morales, E. (03 de Agosto de 2020). *Tratamiento mixto de aguas grises para usos de riego*. Obtenido de Revista Ambiente & Agua : <http://www.ambi-agua.net/splash-seer/>
- Organizacion de las Naciones Unidas. (01 de Julio de 2021). *Resumen Actualizado de 2021 sobre el progreso en el ODS 6 : agua y saneamiento para todos*. Organizacion de las Naciones Unidas. Obtenido de Organizacion de las Naciones Unidas: https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021_SP.pdf
- Organizacion Mundial de Salud. (22 de Junio de 2018). *Agua para consumo humano: Organizacion Mundial de la Salud*. Obtenido de Organizacion Mundial de la Salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Porri, J. (01 de Octubre de 2019). *La arquitectura consciente del agua: Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño*. Obtenido de Universidad Nacional del Rosario : <http://biblioteca.puntoedu.edu.ar/bitstream/handle/2133/17215/AGUA%20TEORICO.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Soto, K., & López , J. (2016). *Estudio en modelo físico para la evaluación del desarrollo y de la disipación de energía en flujo rasante sobre una rápida de fondo escalonado - caso de la descarga del Colector Iñaquito en la Quebrada el Batán* . Quito.
- UNESCO. (19 de Octubre de 2020). *AGUA Y CAMBIO CLIMÁTICO*. Obtenido de UNESCO: https://www.pseau.org/outils/ouvrages/unesco_informe_mundial_de_las_naciones_unidas_sobre_el_desarrollo_de_los_recursos_hidricos_2020_agua_y_cambio_climatico_datos_y_cifras_2020.pdf
- Vanegas Delgado , D. V., Encalada Avila , D. V., & Coello Salcedo , M. F. (25 de Febrero de 2022). *Manual de buenas prácticas ambientales en restaurantes: Universidad del Azuay*. Obtenido de Universidad del Azuay: <https://publicaciones.uazuay.edu.ec/index.php/ceuzuay/catalog/view/208/173/1041>
- Villa Hoyos, J. (25 de Enero de 2020). *REUSO DE LAS AGUAS RESIDUALES COMO ALTERNATIVA AL ESTRES HIDRICO EN COLOMBIA*. Obtenido de Universidad de Antioquia: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14961/7/VillaJuan_2020_ReusoEstresHidrico.pdf.