

**FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO  
PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES, CASO DE  
ESTUDIO EN VIVIENDA DE ALTO CONSUMO DEL A.M. DE BUCARAMANGA.  
COLOMBIA.**

**MIRYAM LIZETH RIVERA SÁNCHEZ**

**JULIÁN MAURICIO ZARAZA PEÑA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2015**

**FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO  
PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES, CASO DE  
ESTUDIO EN VIVIENDA DE ALTO CONSUMO DEL A.M. DE BUCARAMANGA.  
COLOMBIA.**

**MIRYAM LIZETH RIVERA SÁNCHEZ**

**JULIÁN MAURICIO ZARAZA PEÑA**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Civil**

**Director**

**ISABEL CRISTINA DOMÍNGUEZ RIVERA**

**Ingeniera Sanitaria, MSc PhD**

**Co-Director**

**EDGAR RICARDO OVIEDO OCAÑA**

**Ingeniero Sanitario, MSc PhD.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2015**

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mis padres por el apoyo y educación brindada, a los docentes que hicieron parte de mi formación integral y en especial a Dios porque sin su luz nada de esto sería posible.

MIRYAM LIZETH RIVERA SÁNCHEZ

Dedicado a la comunidad científica de las futuras generaciones y a todos los que hicieron parte de este proceso de formación.

JULIÁN MAURICIO ZARAZA PEÑA

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	15
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	17
1.1. USOS DOMÉSTICOS DEL AGUA .....	17
1.2. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA PARA EL REÚSO.....	18
1.3. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA .....	20
1.4. REVISIÓN TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO Y REÚSO .....	21
2. METODOLOGÍA .....	25
2.1. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES.....	26
2.1.1. Aceptación social del reúso	
2.1.2. Alternativas de diseño.....	27
2.1.3. Dimensionamiento de tanques.....	27
2.1.4. Determinación del ahorro.....	29

2.1.5. Localización de componentes del sistema.....	30
2.1.6. Determinación del consumo energético .....	30
2.1.7. Evaluación económica.....	30
2.1.8. Selección del diseño .....	30
2.1.9. Diseño del sistema hidrosanitario .....	31
2.1.10. Diseño del sistema de tratamiento .....	31
2.1. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO .....	32
2.2. FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA .....	32
2.2.1. Factibilidad técnica.....	32
2.2.2. Factibilidad económica.....	33
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
3.2. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES.....	34
3.2.1. Aceptación social del reúso.....	34
3.2.2. Alternativas de diseño.....	36
3.2.3. Selección del diseño.....	42

3.2.4.	Diseño del sistema hidrosanitario.....	43
3.2.5.	Diseño del sistema de tratamiento. ....	43
3.3.	COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO .....	46
3.4.	FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA .....	47
3.4.1.	Factibilidad técnica.....	47
3.4.2.	Factibilidad económica.....	48
4.	CONCLUSIONES .....	49
5.	RECOMENDACIONES .....	51
	REFERENCIAS .....	52
	BIBLIOGRAFÍA.....	60
	ANEXOS.....	62

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Fotografías: área, conjunto y fachada vivienda. ....	25
Figura 2. Comparación de usos como porcentaje del consumo total.....	17
Figura 3. Consumo promedio diario en (l/hab/día) para distintos países. ....	18
Figura 4. Metodología de trabajo utilizada por esta investigación. ....	26
Figura 5. Lugares de aceptación de reúso de aguas grises y aguas lluvia.....	35
Figura 6. Diagrama descriptivo con alternativas de reúso propuestas.....	37
Figura 7. Ubicación cuarto de máquinas (tratamiento) .....	40
Figura 8. Modelo de redes hidro-sanitarias propuesto.....	44
Figura 9. Vista 3D de cuarto de máquinas.....	44
Figura 10. Proceso de tratamiento y reúso propuesto. ....	44
Figura 11. Vista 3D exterior y ubicación tratamiento.....	45

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Resumen de estudios sobre calidad de agua lluvia en entornos urbanos. .....	19
Tabla 2. Resultados de factibilidad económica para proyectos de reúso en distintos contextos.....	21
Tabla 3. Tipos de tratamientos para aguas grises aplicables en el sector doméstico urbano.....	23
Tabla 4. Volumen anual de aguas lluvia disponible para reúso y diferencia entre alternativas.....	38
Tabla 5. Ahorro anual en metros cúbicos de agua potable mediante aprovechamiento de aguas lluvias.....	39
Tabla 6. Ahorro anual en COP mediante aprovechamiento de aguas lluvias. ....	39
Tabla 7. Ahorro anual en metros cúbicos de agua potable por el aprovechamiento de aguas grises.....	40
Tabla 8. Determinación del consumo energético por alternativa. ....	41
Tabla 9. Resumen de ahorros anuales por alternativa, para aguas lluvia (AL) y grises (AG). ....	42
Tabla 10. Resumen por capítulos del presupuesto de construcción.....	46

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Aparatos sanitarios con mejores características físico-químicas y microbiológicas a la salida. ....	62
Anexo B. Características del agua gris en países de bajos ingresos.....	64
Anexo C. Características del agua gris en países de altos ingresos .....	66
Anexo D. Resumen de estudios con promedios de parámetros físico-químicos de agua lluvia.....	68
Anexo E. Encuesta reutilización de aguas domésticas.....	70
Anexo F. Directrices y normas de reutilización de aguas residuales domésticas ..	75
Anexo G. Consumo energético por alternativa .....	77
Anexo H. Diseño del sistema hidrosanitario .....	78
Anexo I. Diseño sistema de Bombeo .....	92
Anexo J. Especificación recolección (Aguas lluvia) .....	97
Anexo K. Especificación filtro de hojas (Aguas lluvia).....	98
Anexo L. Especificación Malla anti-plagas (Aguas lluvia) .....	99
Anexo M. Especificación dispositivo First-Flush (Aguas lluvia).....	100
Anexo N. Especificación Filtro auto-limpiante (Aguas lluvia) .....	101
Anexo O. Especificaciones Tanque de almacenamiento (Aguas lluvia) .....	103
Anexo P. Especificaciones Filtro grueso (Aguas grises) .....	104
Anexo Q. Especificación Trampa de Grasas (Aguas grises) .....	105
Anexo R. Especificaciones Filtración lenta en arena (Aguas grises) .....	107
Anexo S. Especificaciones tanque de almacenamiento (Aguas grises).....	109
Anexo T. Plan de operación.....	110
Anexo U. Mantenimiento y depreciación por año.....	111
Anexo V. Presupuesto costos de construcción y diseño.....	112
Anexo W. Proyección económica .....	132
Anexo X. Imágenes en 3D a partir del modelo de Revit. ....	135
Anexo Y. Planos detallados del diseño hidro-sanitario.....	140

## RESUMEN

- TITULO:** FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES, CASO DE ESTUDIO EN VIVIENDA DE ALTO CONSUMO DEL A.M. DE BUCARAMANGA. COLOMBIA.\*
- AUTORES:** MIRYAM LIZETH RIVERA SÁNCHEZ  
JULIÁN MAURICIO ZARAZA PEÑA\*\*
- PALABRAS CLAVE:** AGUAS GRISES, AGUAS LLUVIA, REÚSO DOMÉSTICO, FACTIBILIDAD TÉCNICA, FACTIBILIDAD ECONÓMICA.

### DESCRIPCIÓN:

La escasez mundial del recurso hídrico ha sido el principal causante para la implementación de sistemas hidro-sanitarios que incorporan tecnologías para el reúso de agua en el nivel doméstico. Aun así en diversos contextos estos no han sido aplicados debido a la ausencia de investigaciones que desarrollen una evaluación técnica, económica, y social, de acuerdo al lugar de ejecución. En este proyecto se seleccionó como caso de estudio una vivienda de alto consumo (203 l/hab/día) ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga (Colombia), para la cual se propuso, diseñó y evaluó, un sistema hidro-sanitario de reutilización de aguas grises y pluviales, a partir de una revisión detallada al estado del arte de: parámetros de calidad físico-química y microbiológica de los aparatos sanitarios domésticos, tecnologías de tratamiento para aplicación en vivienda, y evaluaciones de factibilidad a proyectos similares en varios países y contextos. El sistema propuesto dio como resultado un tiempo de recuperación de la inversión (TR) de 22 años, con un flujo neto positivo para el primer año de 303.000 COP, generando un ahorro de agua potable del 44.3%, equivalente a 138m<sup>3</sup> al año. Este proyecto representa un paso adicional para la investigación en implementación tecnificada de sistemas de reúso de aguas en vivienda unifamiliar en el área metropolitana de Bucaramanga, Colombia.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Directora: Isabel Cristina Domínguez Rivera. Co-Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

## ABSTRACT

- TITLE:** ECONOMIC AND TECHNICAL FEASIBILITY OF A GREY AND RAIN WATER REUSE HYDRO-SANITARY SYSTEM, CASE OF STUDY IN HIGH CONSUMPTION HOUSEHOLD OF BUCARAMANGA M.A. COLOMBIA.\*
- AUTHORS:** MIRYAM LIZETH RIVERA SÁNCHEZ  
JULIÁN MAURICIO ZARAZA PEÑA\*\*
- KEY WORDS:** GREYWATER, RAINWATER, DOMESTIC REUSE, TECHNICAL FEASIBILITY, ECONOMICAL FEASIBILITY

### DESCRIPTION:

Water scarcity worldwide has been the main reason to introduce in the domestic sector hydro-sanitary systems that include waste-water reuse treatment, storing, and distribution technologies. Yet in various contexts this systems have not been implemented due to the lack of research assessing and measuring technical, economical, and social criteria that takes into account contextual factors given by in-situ characteristics. In this research, a high-consumption household (203 l/per capita-day) in Bucaramanga metropolitan area (Colombia), was selected as case study where a rain and greywater reuse system was proposed, designed and evaluated, based on a detailed state of the art review of: physicochemical and microbiological parameters of domestic sanitary devices, treatment and storing technologies for single household application, and feasibility evaluations to similar projects in different countries and contexts around the world. The proposed system allow a 22 years payback period, resulting in a positive economic net flux of 303.000 COP (Colombian pesos) for the first year of hypothetic operation, where a total potable water savings of 44.3% were determined (equivalent to 138 m<sup>3</sup> per year). This project represents an additional step for the research on the implementation of engineered waste-water reuse systems for single family household of Bucaramanga metropolitan area (Colombia).

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Faculty of Physico-Mechanical Engineering. School of Civil Engineering. Director: Isabel Cristina Domínguez Rivera. Co-Director: Edgar Ricardo Oviedo Ocaña.

## INTRODUCCIÓN

El uso racional del recurso hídrico se refiere al control y gestión del consumo del agua con prospectiva a su disponibilidad y a la garantía de su calidad [1]. El posicionamiento de este concepto se relaciona con el estrés hídrico, que refleja la escasez del agua en una región de acuerdo con su población, accesibilidad y calidad [2]. A nivel mundial este factor ha venido aumentando en razón al crecimiento poblacional y a la falta de políticas públicas, sin excluir a países con alto desarrollo económico [3], [4]. Sólo en Colombia, el 7.3% del gasto anual de agua se debe al sector doméstico, una cantidad considerable ya que equivale a 2.61 km<sup>3</sup> de agua al año [5].

Para contribuir con la reducción del estrés hídrico, se han planteado opciones de reúso a través de sistemas centralizados y descentralizados. Un sistema descentralizado es un conglomerado de tecnologías que captan el agua desde donde es contaminada, tratándola y distribuyéndola en la misma vivienda [6]. Este enfoque, reparte las aguas residuales domésticas en tres: lluvia, grises, y negras (inodoros y desagüe cocina), donde el mayor potencial de reúso se da en las dos primeras debido a su baja contaminación [7].

El 55% del consumo en el sector doméstico colombiano se debe a los sanitarios, lavado de ropa y aseo, actividades que no demandan agua estrictamente potable. El consumo de agua en esta categoría es superior para estratos socioeconómicos altos (cinco y seis), donde el área construida y la presencia de zonas verdes y automóviles, son factores determinantes en el incremento del consumo [8]. Además, el costo del servicio de acueducto y alcantarillado es superior en estos estratos pues se incluye una contribución para subsidiar la tarifa de los estratos más bajos [9].

Dada la tendencia a la escasez del recurso hídrico, el elevado consumo de agua en estratos altos y sus costos asociados, en esta investigación se evalúa la factibilidad técnica y económica de la implementación de un sistema hidrosanitario enfocado en la reutilización de aguas grises y pluviales, con el objetivo de suplir la demanda de agua no estrictamente potable, y considerando los retos constructivos y socioculturales que garanticen su aceptabilidad. La investigación se realizó bajo la metodología de caso de estudio, donde el análisis parte del supuesto de que la vivienda no ha sido construida pero en su ejecución podrá incluir o no, el sistema planteado en esta propuesta.

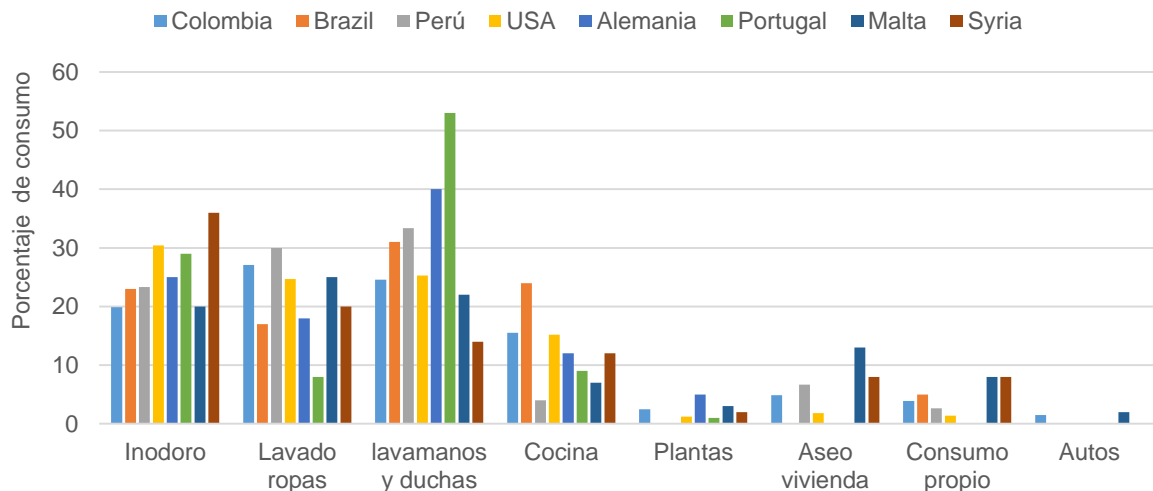
# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1. USOS DOMÉSTICOS DEL AGUA

Entre países con diferencias en el nivel de desarrollo económico, se evidencia que el mayor consumo de agua está en el sector agrícola con un gasto aproximado de 50 a 70% respectivamente [10], seguido por los sectores: energías y doméstico. Colombia se alinea a esta tendencia mundial, con 54.8% del gasto hídrico debido a la producción agrícola, 19.7% energías, 7.4% acuícola, 7.3% doméstico, 6.3% pecuario, 4.5% industrial y 1.5% servicios [5].

En el sector doméstico, el comportamiento en el consumo depende parcialmente de las costumbres culturales de los usuarios, en la Figura 1 se aprecian las variaciones en el consumo de agua potable entre distintos países de acuerdo al uso. Si bien algunos presentan similitudes, otros exhiben diferencias sustanciales dependiendo de la región.

Figura 1. Comparación de usos como porcentaje del consumo total.

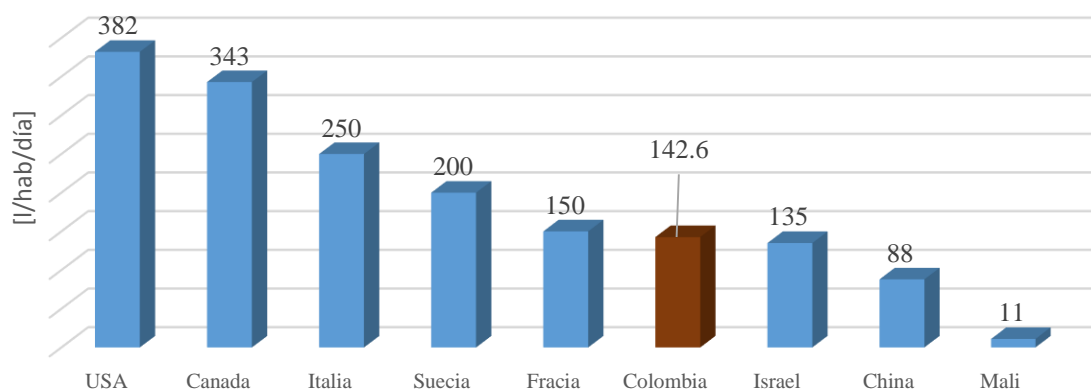


Adaptado de: [11], [17]

En Colombia el 27.1% del consumo doméstico se debe al lavado de ropas, 20.9% duchas, 19.9% sanitarios, 15.5% lavado de platos, 4.9% aseo, 3.9% consumo propio, 3.7% lavado de manos, 2.5% riego, y 1.5% lavado de autos [11]. Con lo que se concluye que el 77% no requiere agua potable, por lo que se podría emplear en dichos usos, agua de menor calidad.

El consumo promedio diario se ve igualmente afectado por el desarrollo económico, las costumbres y disponibilidad del recurso hídrico. Las variaciones del consumo per-cápita entre algunos países se ilustran en la Figura 2 En Colombia, el promedio de consumo per-cápita es de 124 l/hab/día en estratos 1 y 2, y 170 l/hab/día en 5 y 6 [8].

Figura 2. Consumo promedio diario en (l/hab/día) para distintos países.



Adaptado de: [8], [18], [19].

## 1.2. CARACTERIZACIÓN DEL AGUA PARA EL REÚSO

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas grises varían considerablemente debido a los diversos usos en la vivienda. El estudio de estos factores es indispensable en el diseño de un sistema de reúso, pues así se identifican los lugares de captación y el tratamiento más adecuados. De acuerdo a

investigaciones realizadas en Israel [20], Portugal [14], Reino Unido [21] y otros países [22], se identificó que la ducha es el aparato sanitario con mejores características físico-químicas, sin embargo la calidad microbiológica es superior en el efluente de la lavadora, lavamanos y fregadero de la cocina (sin desperdicios de alimentos) (ver Anexo A). En el Anexo B y Anexo C se especifican características de calidad para distintos aparatos sanitarios y para países con diversos ingresos respectivamente.

Por otro lado, la calidad del agua lluvia está relacionada con el número de días secos antes de la precipitación [23], el tipo de material de la cubierta [24] y la contaminación externa por techos, canales y polución del aire [25]. Una revisión bibliográfica a la calidad del agua lluvia [26], concluye que en zonas altamente urbanizadas pueden generarse concentraciones significativas de iones: amonio, nitrato y sulfato. En la Tabla 1 se compilan los resultados de ocho investigaciones en calidad del agua lluvia para entornos urbanos con precipitaciones promedio mensuales mayores a 60 mm en distintos países, y se comparan con normativas de reúso potable y no potable. En el Anexo D se encuentran los resultados detallados.

Tabla 1. Resumen de estudios sobre calidad de agua lluvia en entornos urbanos.

<b>País</b>	<b>pH</b> mg/l	<b>SST<sup>b</sup></b> mg/l	<b>Turb<sup>c</sup></b> NTU	<b>Fe</b> µg/l	<b>Pb</b> µg/l	<b>Zn</b> µg/l	<b>NO3</b> mg/l	<b>CT<sup>i</sup></b> CFU/100ml	<b>E.coli</b>	<b>Referencia</b>
Prom.	7.3	103	16	180	6	433	2.7	351	5	<b>(Anexo D)</b>
Brasil <sup>n</sup>	6.0-9.0	-	<5	-	-	-	-	-	-	[27]
Australia <sup>n</sup>	6.5-8.5	<10	<2-5	-	-	-	-	<1	-	[28]
E.U. <sup>np</sup>	6.5-8.5	0	<1	300	0	5000	10	0	0	[29]

<sup>n</sup> Normativa usos no potables <sup>np</sup> Uso potable - no especifica <sup>b</sup> sólidos suspendidos totales <sup>i</sup> coliformes totales.

### 1.3. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

Los índices financieros para evaluación de proyectos: TIR (tasa interna de retorno), VPN (valor presente neto) y TR (tiempo de retorno de la inversión), son los más utilizados en estudios de factibilidad y los recomendados por la normativa ISO 14040 [30]. Así mismo, la mayoría de investigaciones en el campo del reúso, están enfocadas en establecimientos públicos [31], edificios de oficinas [32], universidades [33], y complejos residenciales [34].

En estas se ha determinado que, el TR es menor cuando el reúso se realiza en complejos multifamiliares que en viviendas independientes [35], [36]. No obstante, también se han obtenido resultados positivos para viviendas independientes si el diseño es óptimo y los dispositivos de tratamiento son accesibles localmente [37], [38]. Como una herramienta para el diseño óptimo, Morales-Pinzón, Rieradevall, et al [39] desarrollaron un software, que integra la dinámica de sistemas, aspecto crítico para un almacenamiento óptimo. [40], [41]. Debido a la cantidad de estudios en el área, en la Tabla 2 se relacionan los más relevantes a nivel local e internacional y se sintetizan sus resultados

En los estudios revisados, la factibilidad técnica, se analiza generalmente de manera cualitativa, con criterios como: disponibilidad de espacios, tecnologías y personal capacitado para la implementación y mantenimiento. Así fue descrito por Galvis [42] en la implementación de un sistema de reúso de aguas grises para un edificio de 300 apartamentos, donde el espacio para los equipos de tratamiento fue un factor que pudo afectar su ejecución.

Tabla 2. Resultados de factibilidad económica para proyectos de reúso en distintos contextos.

País	Ref	Esc	Ocupación	Fuente	Descripción	Resultados
CO	[42]	E	300 unidades, 4 hab/unid	AG	st: tren de filtración, clarifloculador, tanques	tr: 11 años, tir(15): 5.75%,
CO	[43]	U	Cubiertas y cancha	ALL	st: filtración, decantación, carbón act., ta: 435m <sup>3</sup>	tr: 22 años, tir(33): 3.7%,
BR	[44]	C	Una casa, 3 habitantes	AG Y ALL	st: humedal, ta: 750 L, c: 202m <sup>2</sup> , uso: in y lav	tr: 29 años
ES	[36]	GC	Dos casas, cuatro hab/casa	ALL	st: no hay, ta: 3m <sup>3</sup> , c: 80m <sup>2</sup> , uso sólo en lavadoras	tr: 44 años, tir(50): - 0.4%,
ES	[45]	C	Una casa, 3 habitantes	ALL	st: no hay, ta: 5m <sup>3</sup> , c: 80m <sup>2</sup> , uso: in y lav	tr:37 años,
IN	[46]	O	300 personas (actual: 111)	ALL	st: no hay, ta: 25m <sup>3</sup> , c: 1500m <sup>2</sup> , uso: inodoros (in)	tr: 11 años
AU	[47]	GC	192 casas, 2.6 habitantes /casa	ALL	st: filtración, UV y Cloro, ta: 192m <sup>3</sup> , uso: potable	vpn(50): 1'948.800 <sup>5</sup>

(CO) Colombia, (BR) Brasil, (ES) España, (IN) Inglaterra, (AU) Australia. (Esc) Escala: (C) Casa, (GC) Grupo de casas, (E) Edificio residencial, (GE) Grupo de edificios residenciales, (O) Oficinas, (U) Universidad. (AG) Aguas grises, (ALL) Aguas lluvia. (st) Sistema de tratamiento, (ta) Taque almacenamiento, (c,) Área cubierta, (in) Inodoros, (lav) Lavadora. Moneda al año: <sup>5</sup> 2011

#### 1.4. REVISIÓN TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO Y REÚSO

**Aguas lluvia:** La aplicación de tecnologías que mejoren la calidad del agua lluvia en la etapa de captación es crucial para minimizar el nivel de tratamiento requerido. Inicialmente se encuentran los filtros de hojas y protectores de canaletas para evitar la entrada de insectos, material particulado y contaminantes orgánicos [48].

Varios autores recomiendan la instalación de un dispositivo desviador del primer flujo para mejorar la calidad del agua disponible, separando el flujo de los primeros milímetros de precipitación, donde está el agua más contaminada [26]. El mecanismo más recurrente para el desvío del primer flujo es el de tipo “bola de flujo ascendente” [49], que puede ser construido con materiales estándar y de fácil acceso a nivel mundial [50], [51]. No obstante, Gikas y Tsihrintzis [52] concluyeron que este no afecta en la misma medida las características microbiológicas como sí lo hace con las físico-químicas, y además según Mendez et al. [25] los niveles de turbidez, Al, Fe y C.T. medidos en un tanque posterior a la desviación del primer flujo, aún podrían generar malos olores y coloración indeseada del agua.

Es por esto que posterior al sistema del primer flujo y previo al almacenamiento, se requiere de otro dispositivo. En Brasil, Vieira, Weeber y Ghisi [53] propusieron un filtro auto limpiante que permite reducir la contaminación por metales pesados y mejorar los niveles de turbidez y sólidos suspendidos. El dispositivo cuenta con capacidades de tratamiento ajustables, no requiere consumo energético ni mantenimiento menor a dos años y puede ser construido con materiales locales.

En general, el uso de estos tratamientos garantiza el cumplimiento de los requerimientos de calidad para almacenar y distribuir aguas lluvia en usos domésticos no potables [38], [49], [54]. Sin embargo, en los casos en que exista mayor presencia de aves en la zona, los parámetros microbiológicos pueden requerir un tratamiento de desinfección posterior al almacenamiento [55]. Para esto se pueden utilizar numerosas alternativas como nano membranas, radiación UV o cloración. En Alemania se determinó que la concentración de cloro para desinfección de aguas lluvia está generalmente entre 0.4 a 0.5 mg/l, aunque se comprobó que la mayoría de los patógenos mueren durante los primeros días de almacenamiento cuando el tanque no tiene acceso a la luz solar [56].

**Aguas grises:** Dependiendo del tipo de contaminantes a remover, el tratamiento de las aguas grises se divide en varios niveles: preliminar, primario, secundario, y terciario. En la Tabla 3 se caracteriza cada uno de estos, junto con las tecnologías más utilizadas para su tratamiento. Adicionalmente, existe variedad de propuestas no convencionales, donde destacan los reactores “SODIS”. Estos desinfectan el agua utilizando la luz y el calor del sol, a través de materiales traslúcidos reciclables como botellas plásticas [56]. Puede remover 90% de la materia orgánica y coliformes totales en los primeros treinta minutos de exposición (Parson et al. 2000; Pidou et al. 2007; Safapour et al. 1999).

Tabla 3. Tipos de tratamientos para aguas grises aplicables en el sector doméstico urbano.

<b>Tipo</b>	<b>Remueve</b>	<b>Tecnologías</b>
Preliminar	Grasas, pelos, partículas suspendidas	Trampa de grasas, filtración gruesa (nylon)
Primario	Sólidos sedimentables y suspendidos	Tanque sedimentador, filtro 200-300nm
Secundario	Materia biodegradable y metales pesados	Filtro lento en arena, bio-reactor de membrana (MBR), filtro de carbón activado
Terciario	Nutrientes y agentes microbiológicos	Radiación UV, cloración, ultra filtración, osmosis inversa, intercambio de iones.

Adaptado de: [22], [57], [58]

Su principal limitación es la necesidad de espacios con exposición solar [7]. No obstante, se puede evitar la complejidad en el tratamiento si el diseño del tanque es apropiado. Al-Jayyousi [59] y March y Gual (2009 [60] concluyeron que después de 48 horas de almacenamiento la proliferación de patógenos y agentes

microbiológicos es exponencial, como consecuencia de sus elevadas concentraciones en algunas aguas grises (hasta 6800 MPN de C.T., [20]). Por esto, el tanque debe ser dimensionado para que el periodo de retención sea de máximo dos días, siendo este un factor crítico para el diseño del tratamiento.

## 2. METODOLOGÍA

**Caso de estudio.** El conjunto Toscana hace parte del complejo “Meditarrané Spa & Tennis Club” (Fig. 1) y se clasifica en estrato seis. El conjunto está ubicado en el municipio de Floridablanca (al sur de Bucaramanga. Colombia), sobre el valle del Río Frío. Las viviendas cuentan con dos plantas y un altillo, cubierta (101 m<sup>2</sup>), patio (18 m<sup>2</sup>), jardín (21 m<sup>2</sup>), un área construida de 216 m<sup>2</sup> y cinco baños.

Cada casa tiene disponibilidad para dos o tres espacios de parqueo. La precipitación promedio anual es de 1053 mm y el material de la cubierta es de teja de arcilla española.

Figura 3. Fotografías: área, conjunto y fachada vivienda.

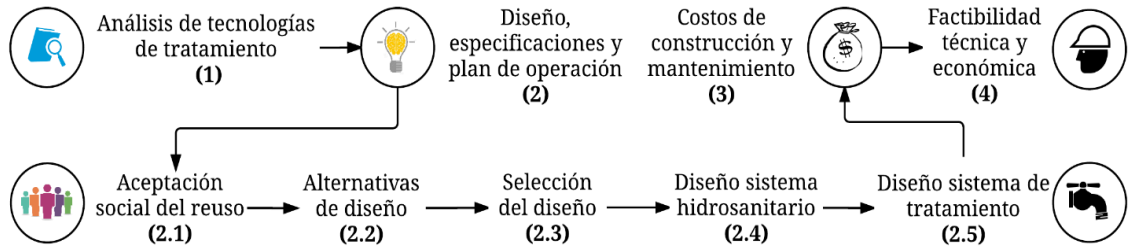


Fuente: Fenix Construcciones S.A.

---

El proceso que se determinó en la investigación para la evaluación de la factibilidad técnica y económica se sintetiza en la Figura 4. Cada etapa está numerada con un subíndice que indica la secuencia en que se describen metodología y resultados en el documento.

Figura 4. Metodología de trabajo utilizada por esta investigación



## 2.1. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

**2.1.1. Aceptación social del reuso.** Una encuesta de hogares fue llevada a cabo con los objetivos de: i) determinar el consumo promedio por habitante, ii) identificar aparatos sanitarios para el reuso, y iii) determinar los rangos de inversión con aceptabilidad social. La encuesta incluyó, 14 preguntas divididas en tres secciones: datos generales, reutilización y aceptación (Anexo E).

Debido a que en el conjunto Toscana, seleccionado como caso de estudio la administración no autorizó la realización de las encuestas, estas se hicieron en un complejo de características similares, el conjunto “Mirador del Cacique”, que cuenta con 125 viviendas (de ~200m<sup>2</sup>), pertenece al estrato 5, y está localizado en Bucaramanga.

Las encuestas se ejecutaron en dos jornadas, abarcando por completo el conjunto residencial. Durante la jornada, el 32 % de los residentes no se encontraban y el 40 % no aceptaron ser encuestados, resultando en el 28% de la población encuestada (35 viviendas). Un rango cercano al aceptable, de acuerdo al 30% recomendado por Robson [61].

**2.1.2. Alternativas de diseño.** Con base en los resultados de las encuestas se plantearon tres opciones de reúso, teniendo en cuenta: captación, almacenamiento y uso de aguas lluvias y grises. El planteamiento de las opciones se fundamentó en la revisión de literatura reportada en el numeral 1.3.

**2.1.3. Dimensionamiento de tanques. Tanque de aguas lluvia.** En general, existen cuatro métodos conceptuales para el dimensionamiento: simplificados, de balance continuo de masa, no paramétricos basados en matrices de probabilidad, y estadísticos [62].

Cada uno de estos puede partir de dos enfoques: (1) demanda u (2) oferta. El enfoque de demanda no considera datos de precipitación [63]. El enfoque de oferta se basa únicamente en la disponibilidad [64]. Ghisi [65] propone la combinación de estos dos mediante un método simplificado utilizando datos de precipitación diaria y desarrolla un software para tal propósito (Netuno®).

Normativas y guías en Estados Unidos ARCSA [49], [66], Reino Unido BSI [67], Australia ARID [68] y Latinoamérica OPS [69], utilizan modelos simplificados basados generalmente en la demanda y en datos de precipitación anual o mensual. Estos presentan la desventaja de no incluir los eventos de precipitación diarios, cuya magnitud haya sido superior a la del promedio mensual, por lo que el tamaño del tanque calculado no sería el óptimo. Se trabajó con valores de precipitación diaria para el período 1986-2001. Los datos se obtienen de la estación “PTAR” del IDEAM (a 2 km del caso de estudio).

El método propuesto en esta investigación, consiste en utilizar cinco opciones de tanque (de 1 a 5 m<sup>3</sup>) y calcular para estos, el volumen captado mensualmente durante 15 años (1986 a 2001), restando los excesos debido a las precipitaciones (diarias) que superan el volumen en estudio. La ecuación (1) fue la utilizada para realizar este proceso con los datos históricos.

$$(1) \quad V i_{tx} = \frac{\sum_{j=m}^{j=n} (L_j c + F_j P) A}{1000 (n-m)}$$

Donde “**Vitx**” es el volumen de agua acumulado en el mes *i* para un tanque de almacenamiento de tamaño *X* [m<sup>3</sup>], “**m**” año inicial con información hidrológica, “**n**” último año con información hidrológica, “**X**” tamaño del tanque de almacenamiento [m<sup>3</sup>], “**A**” área de captación [m<sup>2</sup>], “**C**” coeficiente de escorrentía de la superficie de captación, “**P**” precipitación en milímetros necesaria para llenar el tanque de almacenamiento *X* de acuerdo al área de captación (igual a (X/A)\*1000) [mm], “**F**” número de lluvias en el mes *i* con precipitación mayor a *P* y “**L**” precipitación acumulada en el mes *i* cuyas precipitaciones diarias fueron inferiores a *P* en [mm].

**Tanque de aguas grises.** La demanda, la oferta y la frecuencia de uso y captación, fueron los datos requeridos para estimar el tamaño óptimo del tanque de almacenamiento de aguas grises. Respecto a la frecuencia, diversos aparatos sanitarios suelen ser de uso diario (duchas, lavamanos, cocina), en contra parte el uso de la lavadora y el riego no posee una periodicidad diaria.

Cuando se presenta una demanda no periódica, se debe verificar que la oferta sea mayor, a tal punto que en un periodo de dos días se recolecte el agua necesaria para un ciclo de demanda, con el objetivo de que el almacenamiento se renueve cada 48 horas. De esta manera, el tamaño del tanque corresponde al volumen de

demanda en un ciclo de uso. En el caso donde la captación y el uso tengan periodicidad diaria, el almacenamiento requerido corresponde al menor valor entre oferta y demanda

**2.1.4. Determinación del ahorro. Aguas lluvia.** Para el caso de estudio, se identificaron dos temporadas lluviosas, durante marzo, abril y mayo; y durante septiembre, octubre y noviembre. En algunos meses, la precipitación es el doble de la de temporada seca [1]. Este fenómeno conlleva a que el volumen acumulado mensualmente varíe de la misma manera. Por el contrario, la demanda es constante a lo largo del año, cambiando sólo de acuerdo al número de días por mes.

Primero se calculó la demanda, de acuerdo a lo expuesto en 2.2.1 y 2.2.2. La oferta se determinó con la ecuación (1). Posteriormente, se realizó la diferencia entre oferta y demanda, que es igual a la acumulación real si el resultado es menor al volumen de almacenamiento.

Así, la oferta sobrante para el mes “i+1” es la calculada mediante la ecuación (1), más la acumulación real del mes “i”. Finalmente el volumen de aprovechamiento corresponde al mínimo entre oferta y demanda, comparando todos los meses del año (comenzando el análisis del mes de mayor precipitación).

**Aguas grises.** A diferencia de las aguas lluvias, la captación (oferta) y utilización (demanda) de las aguas grises se considera constante a lo largo del año por lo que su ahorro es el menor valor entre oferta y demanda.

**2.1.5. Localización de componentes del sistema.** Teniendo en cuenta los tamaños de los tanques, la posible necesidad de un sistema de bombeo y las opciones de tratamiento, se seleccionó un lugar para la instalación y mantenimiento de dichos artefactos sin afectar el área construida, ni la arquitectura inicial de la vivienda.

**2.1.6. Determinación del consumo energético.** El consumo energético del sistema se debe a las bombas. Para determinarlo, se requiere conocer su potencia y tiempo de trabajo. El tiempo de trabajo depende del volumen de agua a bombear y el caudal de la bomba, que debe ser mayor al caudal de impulsión requerido (determinado de acuerdo al método de Hunter y los aparatos de reúso). A continuación se resume el procedimiento:

$$(2) \quad t[h] = \frac{Vol[m^3]}{Q_{Bomba}[m^3/h]}$$

$$(3) \quad \text{Gasto energético}[kwh] = P[hp] * 0.746 * t[h]$$

El volumen a bombear corresponde a la demanda total de agua por los aparatos de reúso.

**2.1.7. Evaluación económica.** Para seleccionar la alternativa más factible económicamente, se requiere conocer los beneficios y costos de cada una. Así se evalúan únicamente los factores que varían entre ellas (ahorro agua potable y energía), esto sin entrar a detalle en aspectos constructivos.

**2.1.8. Selección del diseño.** De acuerdo a los resultados proporcionados por la evaluación económica de cada alternativa, se seleccionó la mejor, contrastando beneficios y costos, teniendo definido previamente los tamaños de almacenamiento y la localización del sistema.

**2.1.9. Diseño del sistema hidrosanitario.** Como primer paso para el diseño se identificaron los tipos de redes:

- Red Hidráulica Potable (RHP)
- Red Sanitaria (RS)
- Red Aguas Grises Recolección (RGR)
- Red Aguas Grises Tratada (RGT)
- Red Aguas Lluvia Recolección (RLR)
- Red Aguas Lluvia Tratada (RLT)

Luego se realizó el trazado de estas, bajo un flujo de trabajo de tipo “BIM” (Building Information Modeling), a través del software Autodesk Revit (<http://www.autodesk.es/>) y la inclusión de los diseños arquitectónico y estructural, teniendo en cuenta la normativa NTC 1500. También se desarrolla el diseño del sistema hidroneumático (presión) para cada una de las redes de reúso (RGT y RLT), y el rediseño del bombeo existente (agua potable) debido a los cambios en los usos.

**2.1.10. Diseño del sistema hidrosanitario.** Los dispositivos de tratamiento tanto para aguas grises como lluvias, se seleccionaron de acuerdo a lo dispuesto en el numeral 2.1, sus parámetros de remoción y el cumplimiento de normativas internacionales para el reúso no potable. Un resumen de estas consideraciones se encuentra en el Anexo F.

## **2.1. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO**

El costo neto de construcción es el resultado de la diferencia entre el costo total del sistema original, menos el de reúso. Teniendo en cuenta que esta propuesta parte del supuesto en el que la vivienda no ha sido construida pero en su ejecución podrá incluir, un sistema de reúso.

Se modeló en Autodesk Revit el diseño original y de reúso, para calcular cantidades de obra y presupuestar el costo total de cada uno. Los precios unitarios se obtuvieron de la base de datos de ConstruData (<http://www.construdata.com/>), de listas de precios sugeridos por proveedores especializados y de cotizaciones telefónicas.

El cálculo de mantenimiento se estima a partir del salario de un técnico especializado de acuerdo al Observatorio Laboral Colombiano (<http://observatorio.sena.edu.co/>) y las horas necesarias para la realización de dicho trabajo. Para el caso de la devaluación de los equipos electromecánicos, se dividió su costo de adquisición en su vida útil (15 años para la mayoría). La estimación del precio del diseño consideró la cotización de un diseño hidrosanitario corriente más un aumento por el diseño del sistema de tratamiento y reúso, el cual se asignó a criterio de los autores.

## **2.2. FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA**

**2.2.1. Factibilidad técnica:** Se analizaron los requerimientos del sistema de tratamiento, bombeo, almacenamiento, y a las condiciones del caso de estudio (dispuestas en planos de construcción), respecto a criterios como disponibilidad de espacio, tecnologías, insumos y personal capacitado, de acuerdo a lo revisado en el numeral 1.4

**2.2.2. Factibilidad económica:** Para sintetizar los resultados económicos del proyecto y así expresar su factibilidad mediante un flujo de caja, se utilizaron los indicadores: TR, VPN y TIR, de acuerdo a lo expuesto en el numeral 1.4.

Su determinación se basó en ingresos, egresos e inversión inicial. Siendo los ingresos, el ahorro en el pago del servicio de acueducto y alcantarillado. Los egresos, el mantenimiento de equipos, su depreciación y costos de energía eléctrica. La inversión inicial, todos los procesos, materiales e insumos necesarios para instalar el sistema de reúso.

El flujo de caja fue proyectado a un tiempo de 50 años de acuerdo a las recomendaciones de la normativa en evaluación del ciclo de vida de proyectos ambientales [30] y las experiencias resumidas en la Tabla 2. Para todos los factores se consideró: una inflación del 4.05% de acuerdo a la variación del Índice de Precios al Consumidor (IPC) de Colombia en los últimos 10 años, y los posibles recargos por demanda a las tarifas de servicios de acueducto, alcantarillado y energía, consultados con funcionarios del acueducto metropolitano de Bucaramanga [9].

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.2. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

**3.2.1. Aceptación social del reúso:** Con base en la información obtenida en las encuestas se estableció un número de habitantes por vivienda de 4 personas, con un consumo de agua de 203 litros/persona-día, superior al esperado de acuerdo a los estudios realizados por el departamento nacional de planeación, el cual establece un consumo de 170 litros/ persona-día en estratos socioeconómicos altos (5 y 6) [8].

A partir de las secciones “Reutilización” y “Aceptación” de la encuesta, se identifica una disposición del 97% y 86% a reutilizar aguas lluvias y grises respectivamente, un resultado similar al obtenido por investigaciones en Brasil y Omán, donde la aceptación social de reúso de aguas grises fue del 83% y 84% respectivamente. [70], [71].

En el caso de estudio, los encuestados aceptaron en mayor medida el reúso de aguas lluvia que grises, debido a preocupación por la higiene (escogida por el 100% de los encuestados), muy similar a los resultados obtenidos en la ciudad de Campinas, Brasil, por Batista, Oliveira y Queiroz [70].

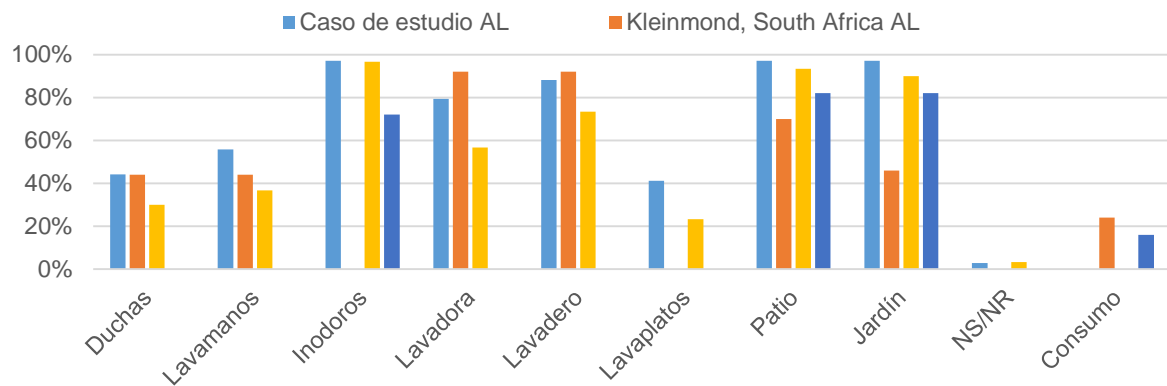
Como se aprecia en la Figura 5, los inodoros, el patio, jardín, lavadero y la lavadora son los lugares de reúso de aguas grises y pluviales más aceptados socialmente, y los más aprobados en diversos países como Sudáfrica y Omán [71], [72].

Se puede analizar que si se lograra satisfacer al 100% la demanda en los aparatos seleccionados, se alcanzaría un ahorro del 56% del consumo de agua potable.

Respecto a la disposición para realizar un mantenimiento conductivo al sistema, el 94% de los encuestados no tendría problema de ejecutarlo una vez cada quince días, 83% una vez a la semana, 34% dos veces a la semana y 9% estaría dispuesto a realizarlo diariamente. Para el mantenimiento preventivo, (que demanda gastos periódicos), se obtuvo el 94% de disposición si se realiza de manera anual, 83% semestral y 37% mensual.

También se evidencia una disposición económica para la implementación del sistema en vivienda nueva, de menos de 7 millones de pesos colombianos (millones COP) por el 94% de los encuestados y una aceptación del 54% si su costo estuviese entre 7 y 15 millones COP. Sólo el 14% estaría dispuesto a pagar más de 15 millones COP.

Figura 5. Lugares de aceptación de reúso de aguas grises (AG) y aguas lluvia (AL).

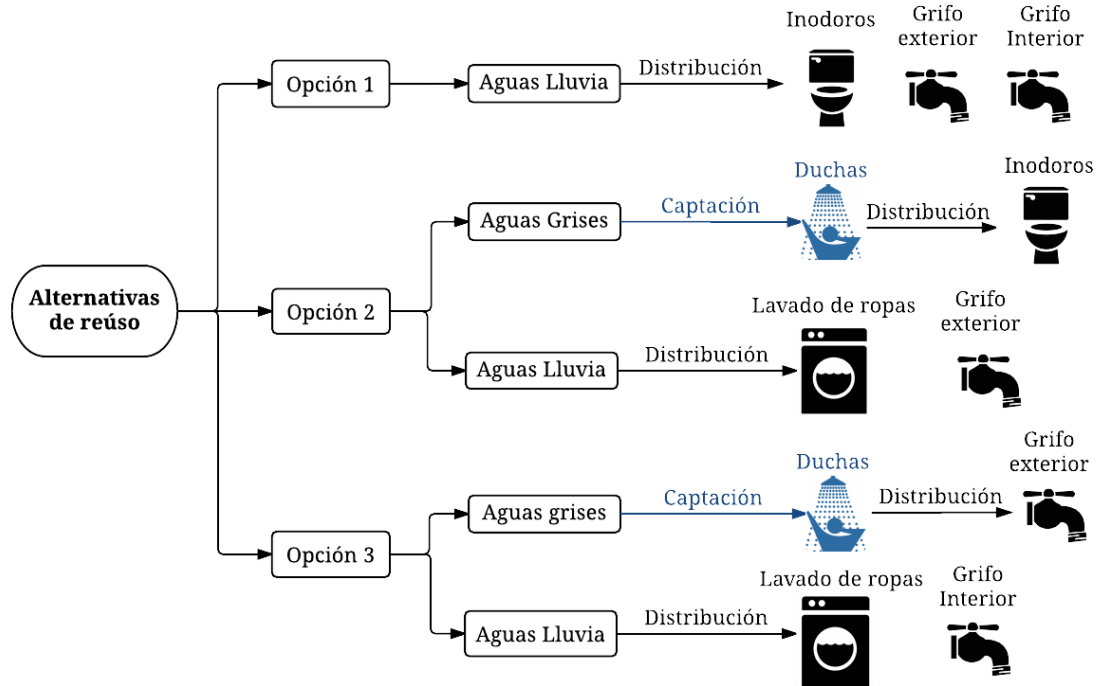


Estos resultados limitarían la aplicación de algunas propuestas de tratamiento, como el sistema de la empresa estadounidense “Aqua2use”, que mediante dispositivos prefabricados tratan aguas grises para obtener agua que cumple con las normativas para usos potables. La referencia del sistema es: AQUA2USE GWTS1200, y tiene un precio de 15.800 USD al 2015 [73].

**3.2.2. Alternativas de diseño:** De acuerdo a lo expuesto en el numeral 2.2.2. Se proponen tres alternativas de diseño, ver Figura 6. La primera, tiene las ventajas de requerir un tratamiento básico de aguas lluvia de acuerdo al numeral 2.1, ya que los lugares de reúso son de mínimo contacto con los usuarios. La segunda y tercera opción fueron seleccionadas de acuerdo a la investigación realizada en la sección 1.3, donde se establece a la ducha como el aparato con mejores características físico-químicas en el efluente.

En general, la segunda opción tiene mayor potencial de ahorro, pero demanda costos de construcción y mantenimiento en la misma medida. Adicionalmente, debido a su periodicidad de uso, se puede garantizar un suministro constante evitando el almacenamiento por más de 48 horas, lo cual es lo más recomendable con base en lo expuesto en 2.1. La tercera opción generaría menores costos de construcción y mantenimiento comparado con la opción dos, pero también conlleva menor ahorro. Tiene como desventaja la periodicidad variable del uso, debido al lavado de autos y riego de jardines (grifo exterior), además, el tratamiento aumenta si el lavado de autos se realiza con aspersores, ver Anexo F.

Figura 6. Diagrama descriptivo con alternativas de reúso propuestas.



**Dimensionamiento de tanque aguas lluvia:** A pesar de que las tres opciones varían en su captación y uso, se identifica que todas presentan una demanda mensual de agua lluvia similar, por lo que la dimensión del tanque de almacenamiento de estas no se modifica entre alternativas.

Partiendo de la metodología de dimensionamiento propuesta en el apartado 2.2.2., se calcula el volumen de agua almacenada anual para diferentes tamaños de tanque de almacenamiento utilizando un coeficiente de escurrimiento de 0.9 para tejas de arcilla [74] y un área de captación de 101 m<sup>2</sup>, dando como resultado lo expuesto en la Tabla 4.

Tabla 4. Volumen anual de aguas lluvia disponible para reúso y diferencia entre alternativas.

Tanque [m <sup>3</sup> ]	Volumen anual [m <sup>3</sup> ]	Diferencia [m <sup>3</sup> ]	Aument o [%]
1	60.97		
2	77.29	16.31	26.75
3	84.73	7.44	9.63
4	88.45	3.73	4.40
5	90.54	2.08	2.36

Como se aprecia en la Tabla 4, la diferencia de volumen de almacenamiento entre los primeros tamaños de tanque es considerable. Sin embargo, a partir de los 4m<sup>3</sup> el diferencial de ahorro disminuye consistentemente, por lo que no se justifica su utilización. Como resultado se decide utilizar los tanques de 2 y 3m<sup>3</sup> para evaluar el ahorro de agua potable mediante la metodología descrita en 2.2.2.

**Dimensionamiento de tanque aguas grises:** En este caso el dimensionamiento del tanque varía por opción, pues los usos de cada una presentan frecuencias y magnitudes distintas.

En la segunda alternativa, la frecuencia de captación y uso son diarios, donde con base en el numeral 2.2.2., el volumen requerido es el menor valor entre oferta (177 l/día) y demanda (169 l/día). Requiriendo un tanque de 169 litros, pero el volumen definitivo es de 300 litros, por ser el tamaño comercial más cercano. En la tercera alternativa, se identifica a partir de las encuestas (0) una frecuencia de uso de 2.5 veces/semana, (1 vez cada 3 días), demandando 83 litros por vez. La oferta es la desde las duchas (de frecuencia diaria) con un volumen de 177 l/día.

Por esto el tanque de almacenamiento requerido es de 83 litros, donde nuevamente debido a la disponibilidad del mercado, 300 litros es el tamaño definitivo.

**Determinación del ahorro por aguas lluvia:** Mediante la metodología descrita en 2.2.2. y los volúmenes de tanque seleccionados en 3.2.2. se determina el ahorro en metros cúbicos por opción, dando como resultado lo mostrado en la Tabla 5.

Tabla 5. Ahorro anual en metros cúbicos de agua potable mediante aprovechamiento de aguas lluvias.

Metodología Opción	Propuesta	
	2 m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup>
1	76.96 <sup>2</sup>	83.21 <sup>2</sup>
2	77.29 <sup>1</sup>	84.59 <sup>2</sup>
3	77.29 <sup>1</sup>	84.73 <sup>1</sup>

A partir de estos resultados se aprecia que para los casos señalados en (a): 1 Hay un aprovechamiento total de las aguas captadas, y 2 La demanda no supera la oferta en ningún mes, por lo que se desperdiciaría agua. En la Tabla 6 se calcula la diferencia en costos, de utilizar tanques de 2 y 3 m<sup>3</sup> (ver tarifas en 3.2.2.).

Tabla 6. Ahorro anual en COP mediante aprovechamiento de aguas lluvias.

Opción	Tamaño tanque [m <sup>3</sup> ]		Diferencia
	2	3	
1	\$ 291,400	\$ 315,044	\$ 23,643
2	\$ 292,623	\$ 320,274	\$ 27,651
3	\$ 292,623	\$ 320,274	\$ 27,651

La diferencia al variar el tamaño de 2 a 3 m<sup>3</sup> es en promedio de \$26.500 COP anuales (8% más) [75]. Además también aumentan los gastos por energía y construcción. Por tanto, se decide diseñar el sistema de aguas lluvias con un tanque de almacenamiento de 2 m<sup>3</sup>.

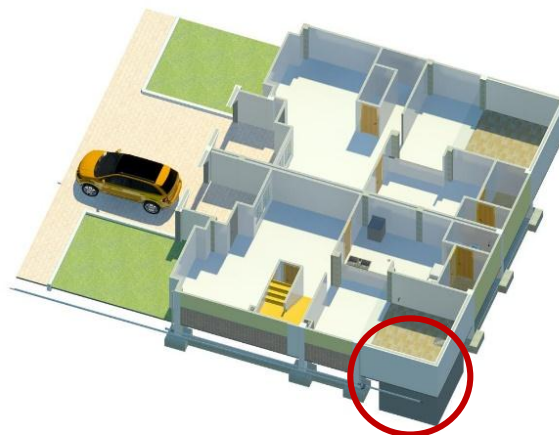
**Determinación del ahorro por aguas grises:** De acuerdo a la metodología descrita en 2.2.2. se determina el ahorro de agua potable, dando como resultado lo mostrado en la Tabla 7.

Tabla 7. Ahorro anual en metros cúbicos de agua potable por el aprovechamiento de aguas grises.

Opción	Ahorro Anual [m <sup>3</sup> ]
1	00.00
2	60.72
3	10.37

**Localización de componentes del sistema:** En la Figura 7 se aprecia la alternativa seleccionada, que tiene las siguientes características: fácil acceso para el mantenimiento, recolección de aguas grises y pluviales por gravedad, y no afectación de espacios interiores, ni arquitectura. Como desventajas está la necesidad de excavación y construcción en concreto reforzado.

Figura 7. Ubicación cuarto de máquinas (tratamiento).



**Determinación del consumo energético:** Partiendo de lo dicho en 2.2.2. , se calcula la potencia y caudal de las bombas por alternativa al igual que el volumen a bombear y el gasto energético por año, dando como resultado lo mostrado en la Tabla 8. La opción con mayor gasto energético es la dos con un consumo anual de 28,32 KW al año, al ser esta la que más agua requiere bombear. Sin embargo, es un consumo menor que el de ventilador convencional (200 W/h) funcionando seis horas por noche durante en un mes.

Tabla 8. Determinación del consumo energético por alternativa. (Ver tabla completa en Anexo G).

<b>Opciones</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
ALL	Reúso	in,ge,gi	lo,la,ge	lo,la,gi
	Volumen <sup>1</sup>	77.0	77.3	77.3
	KW año <sup>2</sup>	18.99	14.3	14.3
AG	Reúso	-	in	Ge
	Volumen <sup>1</sup>	-	60.7	10.4
	KW año <sup>2</sup>	-	10.66	2.69
<b>TOT</b>	<b>KW año<sup>2</sup></b>	<b>18.99</b>	<b>24.96</b>	<b>16.99</b>

(in) inodoros, (ge) grifo exterior, (gi) grifo interior, (lo) lavadero, (la) lavadora, <sup>1</sup> [m<sup>3</sup>], <sup>2</sup> [kw].

**Evaluación económica:** Utilizando el consumo energético y al ahorro de agua por alternativa, se evalúan los costos para una vivienda estrato seis ubicada en el área metropolitana de Bucaramanga. Se hace el cálculo con las tarifas: 2,313 [COP/m<sup>3</sup>] para acueducto [76], 1,472 [COP/m<sup>3</sup>] alcantarillado [77] y 499 [COP/KWH] energía [78]. Los resultados resumidos se encuentran en la Tabla 9.

Tabla 9. Resumen de ahorros anuales por alternativa, para aguas lluvia (AL) y grises (AG).

<b>Opciones</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
AL	(A) agua	77	77.3	77.3
	(G) energía	18.99	14.3	14.3
	(C) acueducto	178,078	178,825	178,825
	(C) alcantarill.	113,321	113,796	113,796
	(C) energía	9,468	7,131	7,131
AG	(A) agua	-	60.7	10.4
	(G) energía	-	10.66	2.69
	(C) acueducto	-	140,483	24,002
	(C) alcantarill.	-	89,397	15,273
	(C) energía	-	5,317	1,340
<b>Total COP</b>		<b>281,931</b>	<b>510,055</b>	<b>323,426</b>

(A) ahorro [m<sup>3</sup>], (G) consumo [kwh], (C) costo [COP].

Concluyendo el análisis, se elige la opción dos como la alternativa definitiva a diseñar por generar el mayor beneficio económico (a pesar de que tener el consumo energético más costoso).

**3.2.3. Selección del diseño:** Se selecciona la opción dos como sistema de reúso, generando un ahorro del 44.3% (el mayor de las tres), equivalente a 138m<sup>3</sup>. Para su implementación se requiere: dos tanques de 1m<sup>3</sup> y una bomba de un ¼ hp para las aguas lluvia, un tanque de 300 litros y bomba de ½ hp, para las aguas grises. El proceso de diseño se detalla en el Anexo H.

### 3.2.4. Diseño del sistema hidrosanitario

El trazado y diseño de las redes hidráulicas se realiza de tal manera que en el caso donde el usuario no quiera hacer uso del sistema, todos los aparatos hidrosanitarios se abastezcan de agua potable, esto a través de una válvula electromecánica automática, controlada por el usuario o por el nivel del tanque.

En las memorias de cálculo se encuentran especificaciones de diámetros, velocidad, pérdidas y presión (Anexo H), cálculos de los sistemas de bombeo (Anexo I) y los planos de diseño (Anexo Y).

**3.2.5. Diseño del sistema de tratamiento:** En las siguientes figuras se detalla: el modelo de redes hidro-sanitarias (Figura 8), el cuarto de máquinas, (Figura 9), y el proceso del tratamiento (Figura 10).

Figura 8. Modelo de redes hidro-sanitarias propuesto.

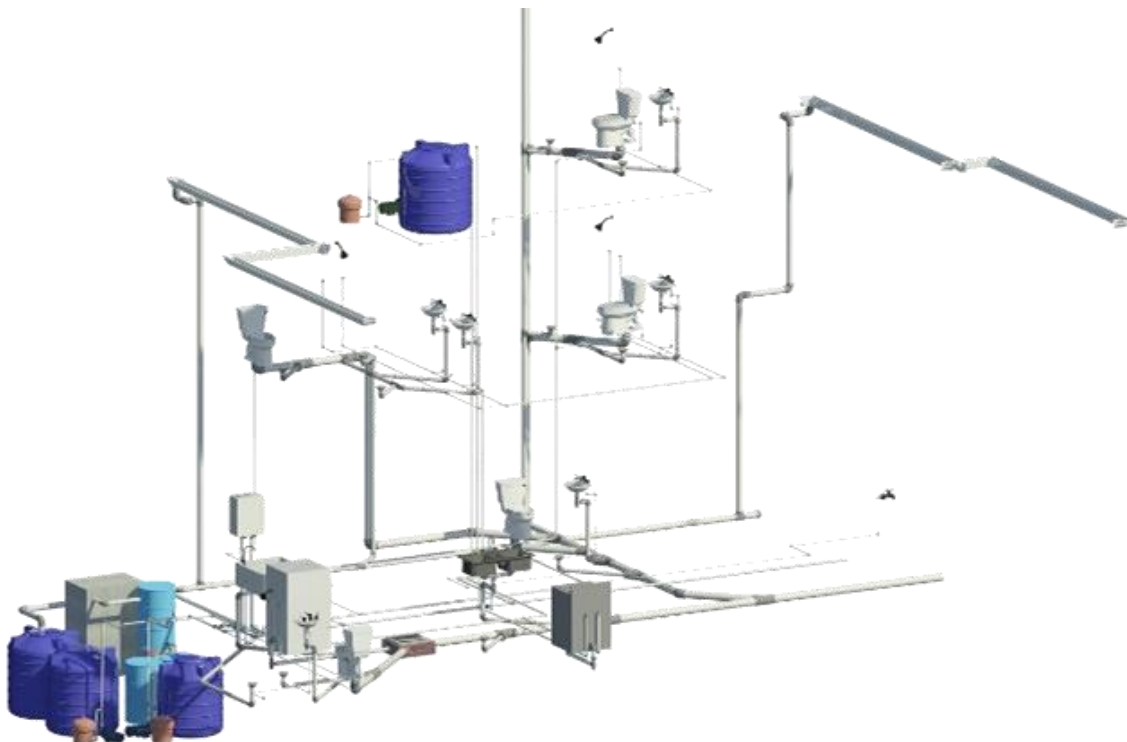


Figura 9. Vista 3D de cuarto de máquinas.

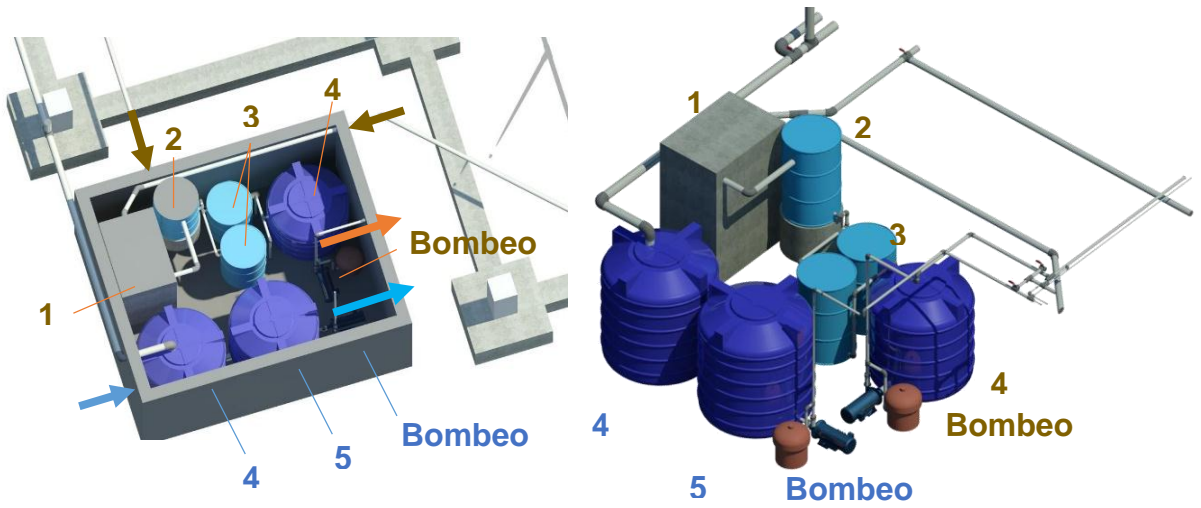
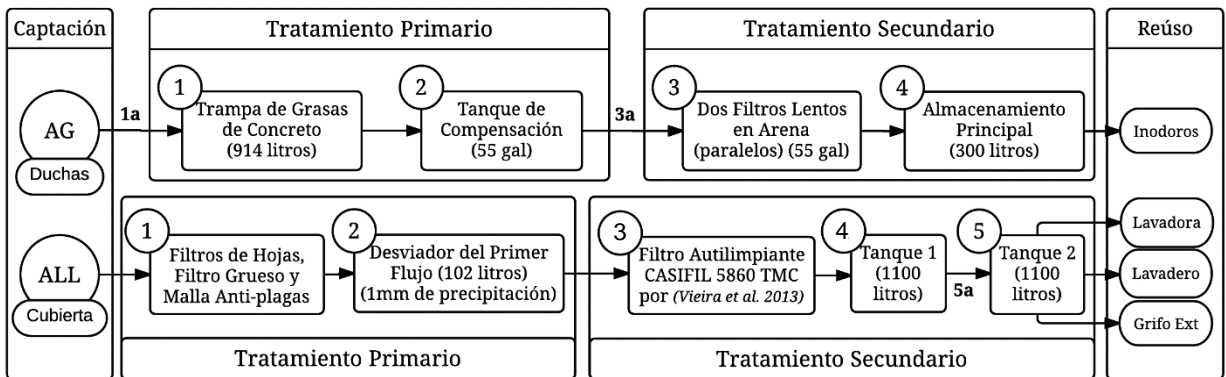


Figura 10. Proceso de tratamiento y reúso propuesto.



(1a) Filtración gruesa de 200nm. (3a) Filtro de nylon de 300nm. (5a) Filtro de nylon de 300nm. (nm) Nanómetros.

Figura 11. Vista 3D exterior y ubicación tratamiento.



Las especificaciones de cada etapa del tratamiento se encuentran especificadas desde el Anexo J al Anexo S. En el Anexo T se puede seguir el plan de operación del sistema.

### 3.3. COSTOS DE CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

De acuerdo a lo dicho en 2.3, se obtiene el presupuesto detallado del proyecto (Anexo V) y su resumen por capítulos (Tabla 10), los costos de mantenimiento se encuentran detallados en el Anexo U.

Tabla 10. Resumen por capítulos del presupuesto de construcción. Presupuesto completo en Anexo V.

<b>Capítulo</b>	<b>Nueva</b>	<b>Original</b>
1 Localización y replanteo	\$ 1,170,552	\$ 1,067,872
2 Red sanitaria	\$ 3,551,765	\$ 3,941,466
3 Red hidráulica potable	\$ 2,615,685	\$ 2,446,650
4 Red aguas grises recolección	\$ 684,984	\$ -
5 Red aguas grises tratada	\$ 499,958	\$ -
6 Red aguas lluvia recolección	\$ 2,217,899	\$ 1,749,926
7 Red aguas lluvia tratada	\$ 346,377	\$ -
8 Puntos aparatos hidráulicos y sanitarios	\$ 9,105,292	\$ 8,997,928
9 Pruebas, supervisión y acometidas	\$ 604,133	\$ 568,201
10 Cuarto de máquinas	\$ 6,156,673	\$ -
11 Diseño red hidrosanitaria y de tratamiento	\$ 6,000,000	\$ 2,000,000
Costos Totales	\$ 32,953,317	\$ 20,772,043
AIU (8%)	\$ 2,636,265	\$ 1,661,763
Inversión Total	\$ 35,589,583	\$ 22,433,806
<b>Inversión Sistema de Reúso [COP]</b>	<b>\$ 13,155,777</b>	

### 3.4. FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA

**3.4.1. Factibilidad técnica:** El espacio seleccionado (10 m<sup>2</sup>) fue suficiente para los requerimientos del sistema y cumple lo expuesto en 3.2.2. . Adicionalmente, los materiales y equipos seleccionados se encuentran localmente (ver Anexo V). Por otro lado, no se requiere que el usuario realice mantenimientos conductivos (que garanticen la operación), si no únicamente preventivos (contratando a un técnico), donde el más frecuente es la revisión del sistema de bombeo que es cada seis meses.

El sistema de reúso se diseñó para que el usuario pueda decidir cuándo desconectarlo manualmente de la red de distribución interna, y también para que si el tanque llega a un nivel máximo o mínimo, un flotador eléctrico active una serie de válvulas de bola a través de un proceso automático (pulso eléctrico), para evitar el rebose de los tanques y garantizar el suministro de agua. Este proceso es explicado en el (Anexo T).

**3.4.2. Factibilidad económica:** La implementación del proyecto generaría un flujo neto positivo a partir del año 22 (tiempo de retorno de la inversión). Para los 50 años de funcionamiento, se determinó una TIR de 6.8% y un VPN de 14'010,000 COP.

La proyección de los ingresos se realizó aplicando una tasa efectiva anual de 6.05% para los primeros 23 años (punto de máxima operación del embalse de Tona, encargado de garantizar el suministro por ese periodo). Esto incluyendo la inflación de 4.05% y un recargo de 2% para la financiación del embalse actual. Del año 23 en adelante la tasa sube a 7.05%, debido a un recargo del 1% por construcción de

infraestructura futura y 2% por el crecimiento de la demanda que se da en la misma medida [79]. Así mismo, la escasez de agua en el país afectaría los costos energéticos por lo que se considera un aumento en este servicio del 1% sobre el incremento base, para un total de 5.05% de tasa de descuento en costos energéticos. La hoja de cálculo con la proyección económica durante los 50 años puede ser revisada en el Anexo W.

#### 4. CONCLUSIONES

Este estudio involucra la consideración de criterios técnicos, constructivos, económicos y socio-culturales, para evaluar la factibilidad de la implementación de un sistema de reúso de aguas grises y pluviales en vivienda de alto consumo, donde se concluye que:

- La implementación de un sistema descentralizado para el reúso de aguas grises y pluviales en el nivel doméstico de estratos altos en Bucaramanga (Colombia), es técnica y económicamente factible en función de un diseño óptimo, la mínima intervención a los espacios internos, el uso de insumos disponibles localmente y de tecnologías de tratamiento innovadoras.
- Una revisión bibliográfica exhaustiva de evaluaciones y de tecnologías de tratamiento, es vital para desarrollar un diseño adaptado a las necesidades del caso de estudio al menor costo económico y mayor aceptabilidad social posible.
- La propuesta de diseño seleccionada, generaría un ahorro del 44.3% del agua potable en la vivienda, lo que equivale a 138m<sup>3</sup> anuales. Garantizando la aceptabilidad social a través de un sistema semi-automático y la selección adecuada de los aparatos sanitarios para reúso.
- La construcción del sistema propuesto resultaría en una inversión inicial de 13'160.000 COP, y en un tiempo de retorno de la inversión de 22 años, menor al obtenido en otros estudios de viviendas unifamiliares. No obstante, la aplicación en complejos multifamiliares demuestra en general mejores resultados económicos,

pero con la desventaja de menor aceptación social y problemas técnicos en edificaciones existentes

## 5. RECOMENDACIONES

- La ubicación de los tanques de almacenamiento y el sistema de tratamiento está intrínsecamente relacionado con los costos de construcción, representando hasta un 28% del valor total. Por esta razón es importante integrar los diseños estructurales, arquitectónicos e hidro-sanitarios, al sistema de reúso, lo cual también podría reducir (en menor medida) cantidades de tuberías y accesorios.

- El uso de dispositivos desviadores del primer flujo es un requerimiento para la captación de aguas lluvias, no obstante, no excluye a otras etapas de mejoramiento de calidad previo al almacenamiento. El filtro auto-limpiante propuesto por Vieira, Weeber y Ghisi [53], es sólo un ejemplo exitoso de aplicación, pero que aún carece de ensayos de calidad de agua y estudios de sensibilidad. Por tanto, la invención, prueba y rediseño de dispositivos mejoradores de calidad es un punto necesario para desligar los tratamientos convencionales que tienden a aumentar los costos de operación y construcción.

- Así como esta propuesta involucra el ahorro de agua y por lo tanto promueve su uso racional, también requiere energía, construcción en concreto y la compra de insumos de diversos materiales. Con el propósito de asegurar que su implementación futura sea sustentable ambientalmente, se recomienda como un requerimiento en este sentido, la evaluación del índice de emisiones de dióxido de carbono (o huella de carbono) para el proyecto. Y de acuerdo a este, seleccionar y proponer sistemas con menores índices de huella de carbono. Así mismo enlazar su aplicación junto con energías alternativas

- Para un diseño optimizado de los tanques de almacenamiento (tanto de aguas grises como pluviales), se sugiere incluir mediciones en escala horaria del consumo en una vivienda y para una mayor confiabilidad, desarrollar un modelo estadístico que pueda representar las costumbres culturales de la mayoría de la población colombiana, utilizando software como Netuno por Ghisi (2009). El uso de modelos probabilísticos puede representar una estrategia muy útil para cuando el lugar de estudio carece de medición de datos.

- Los filtros lentos en arena para el tratamiento de aguas grises, representan una alternativa de bajo costo y de alta remoción de contaminantes. No obstante en Colombia, los estudios realizados en el área no incluyen mediciones reales para la determinación de porcentajes de remoción de contenido orgánico, sólidos suspendidos, etc. Por lo tanto se aconseja el desarrollo de plantas piloto o de mediciones directas en una vivienda tipo, que incorpore el sistema de tratamiento de filtros lentos en arena para diversas fuentes y puntos de reúso.

## REFERENCIAS

- [1] IDEAM, Estudio Nacional del Agua. Capítulo 1 y 2, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Republica de Colombia, Bogotá D.C., 2010.
- [2] EEA, Water Stress Definition - European Environment Agency, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.eea.europa.eu/themes/water/wise-help-centre/glossary-definitions/water-stress>. [Accedido: 09-jun-2015].
- [3] CIA, *The World Factbook: Total renewable water resources*. United States of America: US Government Printing Office, 2013.
- [4] FAO, AQUASTAT Database, Total internal renewable water resources (IRWR), *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*, 2013. [En línea]. Disponible en: [www.fao.org](http://www.fao.org). [Accedido: 12-ago-2014].
- [5] IDEAM, Estudio Nacional del Agua. Capítulo 5, IDEAM, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Republica de Colombia, Bogotá D.C., 2010.
- [6] KUJAWA y ZEEMAN, Anaerobic Treatment in Decentralised and Source-Separation-Based Sanitation Concepts, *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, vol. 5, n.º 1, pp. 115-139, feb. 2006.
- [7] WHO - ROEM, Overview of greywater management: Health considerations, World Health Organization – Regional Office for the Eastern Mediterranean, 2006.
- [8] CRA, Estimación del consumo básico de agua potable en Colombia, Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, Bogotá D.C., 2001.
- [9] amb, Acto de gerencia No 002. 2014.
- [10] ROSEGRANT, X. CAI, y S. A. CLINE, Panorama global del agua para el año 2025. 2004.
- [11] SUÁREZ, GARCÍA, y MOSQUERA, Sistemas de aprovechamiento de agua lluvia para vivienda urbana. jun-2006.
- [12] MAYER, W. B. DeOreo, E. M. Opitz, J. C. Kiefer, W. Y. Davis, B. Dziegielewski, y J. O. Nelson, «Residential End Uses of Water. 1999.
- [13] FANGYUE Li, Knut Wichmann, y Ralf Otterpohl, «Evaluation of appropriate technologies for grey water treatments and reuses, 2009.

- [14] MATOS, V. Sousa, y N. V. Carvalho, Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences, p. 14, 2015.
- [15] COHIM, A. Garcia, A. Kiperstok, y M. Cunha Dias, Consumo de água em residencias de baixa renda, estudo de caso. 2009.
- [16] SEIFERT, «Análisis de la situación del agua (cantidad y residual) en Lima Metropolitana». dic-2009.
- [17] MOURAD, J. C. Berndtsson, y R. Berndtsson, Potential fresh water saving using greywater in toilet flushing in Syria, *J. Environ. Manage.*, 2011.
- [18] E. C. Government of Canada, Annual Inform of Water Statistics, 09-ene-2007. [En línea]. Disponible en: <https://www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=En&n=F25C70EC-1>. [Accedido: 08-dic-2014].
- [19] WBCSD, Water facts and trends, 2005. [En línea]. Disponible en: [http://www.unwater.org/downloads/Water\\_facts\\_and\\_trends.pdf](http://www.unwater.org/downloads/Water_facts_and_trends.pdf). [Accedido: 22-may-2015].
- [20] FRIEDLER, Quality of individual domestic greywater streams and its implication for on-site treatment and reuse possibilities, *Environ. Technol.*, vol. 25, n.º 9, pp. 997–1008, 2004.
- [21] ETH, Greywater treatment on household level in developing countries: a state of the art review. 2009.
- [22] GHAITIDAK y K. D. YADAV, Characteristics and treatment of greywater-a review, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 20, n.º 5, pp. 2795-2809, 2013.
- [23] KWAADSTENIET, P. Dobrowsky, A. Deventer, W. Khan, y T. Cloete, Domestic Rainwater Harvesting: Microbial and Chemical Water Quality and Point-of-Use Treatment Systems, *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 224, n.º 7, p. 1, jul. 2013.
- [24] LEE, G. Bak, y M. Han, Quality of roof-harvested rainwater – Comparison of different roofing materials, *Environ. Pollut.*, vol. 162, n.º 0, pp. 422 - 429, 2012.
- [25] MENDEZ, J. B. Klenzendorf, B. R. Afshar, M. T. Simmons, M. E. Barrett, K. A. Kinney, y M. J. Kirisits, The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater, *Water Res.*, vol. 45, n.º 5, pp. 2049-2059, feb. 2011.
- [26] SÁNCHEZ, E. Cohim, y R. A. Kalid, A review on physicochemical and microbiological contamination of roof-harvested rainwater in urban areas, *Sustain. Water Qual. Ecol.*, 2015.

- [27] ABNT, *Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação*, vol. 13969. 1997.
- [28] GWA, *Guidelines for the Non-potable Uses of Recycled Water in WA*. Government of Western Australia, 2011.
- [29] USEPA, *National Primary and Secondary Drinking Water Regulations*. Estados Unidos: United States Environmental Protection Agency, 2009.
- [30] ISO 14040, *Environmental management—life cycle assessment—principles and framework*. International. 2006.
- [31] NETO, CALIJURI, CARVALHO, y SANTIAGO, Rainwater treatment in airports using slow sand filtration followed by chlorination: Efficiency and costs, *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 65, n.º 0, pp. 124 - 129, 2012.
- [32] MOTAWA y CARTER, Sustainable BIM-based Evaluation of Buildings, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 74, pp. 419-428, mar. 2013.
- [33] ROEBUCK y ASHLEY, Predicting the hydraulic and life-cycle cost performance of rainwater harvesting systems using a computer based modelling tool, *Water Pract. Technol.*, 2007.
- [34] GARDELS, Economic Input-Output Life Cycle Assessment of Water Reuse Strategies in Residential Buildings and Communities, 2011. [En línea]. Disponible en:  
<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=civilengdis>. [Accedido: 09-may-2015].
- [35] FRIEDLER y HADARI, Economic feasibility of on-site greywater reuse in multi-storey buildings, *Desalination*, vol. 190, n.º 1-3, pp. 221 - 234, 2006.
- [36] MORALES-PINZÓN, R. Lurueña, X. Gabarrell, C. M. Gasol, y J. Rieradevall, Financial and environmental modelling of water hardness — Implications for utilising harvested rainwater in washing machines, *Sci. Total Environ.*, vol. 470-471, pp. 1257-1271, feb. 2014.
- [37] CARDONA, *An Integrated Approach towards Assessing the Feasibility of Domestic Rainwater Harvesting in Malta*. 2007.
- [38] FERNANDES, D. P. S. Terêncio, y F. A. L. Pacheco, Rainwater harvesting systems for low demanding applications, *Sci. Total Environ.*, vol. 529, n.º 0, pp. 91 - 100, 2015.

- [39] MORALES-PINZÓN, J. Rieradevall, C. M. Gasol, y X. Gabarrell, Modelling for economic cost and environmental analysis of rainwater harvesting systems, *J. Clean. Prod.*, n.º 0, p. -, 2014.
- [40] ALBERTO, Modica Campisano, Optimal sizing of storage tanks for domestic rainwater harvesting in Sicily, *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 63, n.º Complete, pp. 9-16, 2012.
- [41] BOCANEGRA-MARTÍNEZ, J. M. Ponce-Ortega, F. Nápoles-Rivera, M. Serna-González, A. J. Castro-Montoya, y M. M. El-Halwagi, «Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development», *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 84, n.º 0, pp. 44 - 56, 2014.
- [42] GALVIS, Viabilidad técnica y económica del aprovechamiento de aguas grises domésticas, masters, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., 2013.
- [43] ESTUPIÑÁN P. y H. O. Zapata G., Requerimientos de infraestructura para el aprovechamiento sostenible del agua lluvia en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá, 2011.
- [44] GHISI y OLIVEIRA, Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil, *Build. Environ.*, vol. 42, n.º 4, pp. 1731-1742, abr. 2007.
- [45] DOMÈNECH y SAURÍ, A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs, *J. Clean. Prod.*, vol. 19, n.º 6-7, pp. 598-608, abr. 2011.
- [46] WARD, F. A. Memon, y D. Butler, Performance of a large building rainwater harvesting system, *Water Res.*, vol. 46, n.º 16, pp. 5127 - 5134, 2012.
- [47] GURUNG y SHARMA, Communal rainwater tank systems design and economies of scale, *J. Clean. Prod.*, vol. 67, pp. 26-36, mar. 2014.
- [48] OPS, Guía de diseño de Captación del agua lluvia, UNATSABAR, Lima, Perú, 2004.
- [49] ARCSA - ASPE, *Rainwater Catchment Systems: ARCSA-ASPE-ANSI 63-2013*. Estados Unidos, 2012.
- [50] RHS, Rain Harvest Systems Web Page, *Products*, 2013. [En línea]. Disponible en: <http://www.rainharvest.com/rain-harvesting-pty-downspout-first-flush-diverter.asp>.

- [51] ABDULLA y AL-SHAREEF, Roof rainwater harvesting systems for household water supply in Jordan, *Desalination*, vol. 243, n.º 1-3, pp. 195 - 207, 2009.
- [52] GIKAS y TSIHRINTZIS, Assessment of water quality of first-flush roof runoff and harvested rainwater, *J. Hydrol.*, vol. 466-467, n.º 0, pp. 115 - 126, 2012.
- [53] VIEIRA, WEEBER, y GHISI, Self-cleaning filtration: A novel concept for rainwater harvesting systems, *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 78, n.º 0, pp. 67 - 73, 2013.
- [54] TEXAS WDB, *The Texas Manual on Rain Water Harvesting*, 3.<sup>a</sup> ed. Austin, Texas, Estados Unidos.: Texas Water Development Board, 2005.
- [55] LEE, J.-S. Yang, M. Han, y J. Choi, Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources *Sci. Total Environ.*, vol. 408, n.º 4, pp. 896-905, ene. 2010.
- [56] HELMREICH y H. HORN, Opportunities in rainwater harvesting, *Desalination*, vol. 248, n.º 1-3, pp. 118 - 124, 2009.
- [57] M. PIDOU, F. A. Memon, T. Stephenson, B. Jefferson, y P. Jeffrey, Greywater recycling: A review of treatment options and applications, *Inst. Civ. Eng.*, vol. 160, pp. 119-131, 2007.
- [58] C. MERZ, R. SCHEUMANN, B. EL HAMOURI, y M. KRAUME, Membrane bioreactor technology for the treatment of greywater from a sports and leisure club, *Desalination*, vol. 215, n.º 1-3, pp. 37–43, sep. 2007.
- [59] O. R. AL-JAYYOUSI, Greywater reuse: towards sustainable water management, *Desalination*, vol. 156, n.º 1-3, pp. 181-192, ago. 2003.
- [60] J. G. MARCH y M. GUAL, Studies on chlorination of greywater, *Desalination*, vol. 249, n.º 1, pp. 317 - 322, 2009.
- [61] C. ROBSON, *Real World Research: A Resource for Social Scientists and Practitioner-Researchers*. Wiley, 2002.
- [62] A. RAIMONDI y G. BECCIU, Probabilistic Modeling of Rainwater Tanks, *Procedia Eng.*, vol. 89, n.º 0, pp. 1493 - 1499, 2014.
- [63] A. FEWKES y D. BUTLER, Simulating the performance of rainwater collection and reuse systems using behavioural models, *Build. Serv. Eng. Res. Technol.*, vol. 21, n.º 2, pp. 99-106, ene. 2000.

- [64] S. WARD, F. A. MEMON, y D. BUTLER, Rainwater harvesting: model-based design evaluation, *Water Sci. Technol. J. Int. Assoc. Water Pollut. Res.*, vol. 61, n.º 1, pp. 85-96, 2010.
- [65] E. GHISI, Parameters Influencing the Sizing of Rainwater Tanks for Use in Houses, *Water Resour. Manag.*, vol. 24, n.º 10, pp. 2381-2403, dic. 2009.
- [66] DBS OREGON, *Oregon Smart Guide: Rain Water Harvesting*. Salem, Oregon, Estados Unidos.: Department of Bussines and Services. Building Codes Division., 2011.
- [67] BSI, *Rain Water Harvesting Systems: Code of Practice.*, BS 8515:2009. London, England: BSI: British Standards Group Headquarters, 2009.
- [68] ARID, *Rainwater Tank Design and Installation Handbook*. Australia: Australian Rainwater Industry Development Group, 2008.
- [69] OPS, Captación de Agua Lluvia para Consumo Humano. Organización Panamericana de la Salud, 2003.
- [70] IDEAM, Estudio Nacional del Agua, IDEAM, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Republica de Colombia, Bogotá D.C., 2010.
- [71] BATISTA, D. dos S. OLIVEIRA, y F. R. P. de QUEIROZ, Percepcao socioambiental do reuso das águas residuárias em condomínios verticais da cidade da Campina Grande, *HOLOS*, vol. 6, n.º 0, pp. 70-82, feb. 2015.
- [72] S. A. PRATHAPAR, A. JAMRAH, M. AHMED, S. AL ADAWI, S. Al Sidairi, y A. Al HARASSI, Overcoming constraints in treated greywater reuse in Oman, *ELSEVIER*, ene. 2005.
- [73] DOBROWKSY, D. Mannel, M. De Kwaadsteniet, H. Prozesky, W. Khan, y TE Cloete, Quality assessment and primary uses of harvested rainwater in Kleinmond, South Africa. 2014.
- [74] AQUA2USE, «Aqua2use Greywater Reuse», 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.aqua2use.com/products/gwdd.html>. [Accedido: 29-abr-2015].
- [75] UNATSABAR, Guia de diseño para captación del agua lluvia, *Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural*, 2001. [En línea]. Disponible en: <http://www.aguasinfronteras.org/PDF/AGUA%20DE%20LLUVIA.pdf>. [Accedido: 23-abr-2015].
- [76] AJOVER, Lista de precios Ajoover, 2013. [En línea]. Disponible en: [http://www.coval.com.co/pdfs/listasprecios/ult\\_ajover.pdf](http://www.coval.com.co/pdfs/listasprecios/ult_ajover.pdf).

- [77] AMB, Tarifas Servicio de Acueducto, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.amb.com.co/frmlInformacion.aspx?inf=32>. [Accedido: 16-may-2015].
- [78] EMPAS, Tarifas Servicio de Alcantarillado Bucaramanga, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.empas.gov.co/informacion.php?id=46#empresa>. [Accedido: 16-may-2015].
- [79] ESSA, Tarifas Servicio de Energía Eléctrica Bucaramanga, 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.essa.com.co/site/>.
- [80] CONPES, Importancia estrategia del -Apoyo financiero para la implementación del proyecto de regulación Embalse de Bucaramanga- 2009.
- [81] E. SAZAKLI, A. Alexopoulos, y M. Leotsinidis, Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece, *Water Res.*, vol. 41, n.º 9, pp. 2039 - 2047, 2007.
- [82] A. J. PETERS, K. L. Weidner, y C. L. Howley, The chemical water quality in roof-harvested water cisterns in Bermuda, *J. Water Supply Res. Technol.-AQUA*, vol. 57, n.º 3, pp. 153-163, may 2008.
- [83] CRC Australia, *Water Quality and Health Risks from Urban Rainwater Tanks*. Australia: Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment, 2008.
- [84] R. HUSTON, Y. C. Chan, H. Chapman, T. Gardner, y G. Shaw, Source apportionment of heavy metals and ionic contaminants in rainwater tanks in a subtropical urban area in Australia, *Water Res.*, vol. 46, n.º 4, pp. 1121-1132, mar. 2012.
- [85] COUTO, M. L. Calijuri, P. P. Assemany, A. da F. Santiago, y L. S. Lopes, Greywater treatment in airports using anaerobic filter followed by UV disinfection: an efficient and low cost alternative, *J. Clean. Prod.*, vol. 106, pp. 372-379, nov. 2015.
- [86] B. MARTINSON y T. THOMAS, Quantifying the first flush phenomenon, en *12th International Rainwater Catchment Systems Conference*, 2005.
- [87] OPS, Especificaciones técnicas para el diseño de trampa de grasa, UNATSABAR, Lima, Perú, 2003.
- [88] OPS, Especificaciones técnicas para construcción de sistemas de filtración en múltiples etapas, UNATSABAR, Lima, Perú, 2005.
- [89] OPS, Guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas, UNATSABAR, Lima, Perú, 2005.

[90] C. TORRES y S. VILLABUENA, *El filtro de arena lento: Manual para el armado, instalación y monitoreo.*, Primera. Bogotá, Colombia: Departamento de Publicaciones y Comunicación Gráfica de la UPC, 2014.

## BIBLIOGRAFÍA

COUTO, E. de A. do, CALIJURI, M.L., ASSEMANY, P.P., SANTIAGO, A. da F. y LOPES, L.S. 2015. Greywater treatment in airports using anaerobic filter followed by UV disinfection: an efficient and low cost alternative. *Journal of Cleaner Production*, vol. 106, pp. 372-379. ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/j.jclepro.2014.07.065.

ESTUPIÑÁN P., J.L. y ZAPATA G., H.O. 2011. Requerimientos de infraestructura para el aprovechamiento sostenible del agua lluvia en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 9 julio 2015]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/1265>.

GARCÍA-MONTOYA, M., BOCANEGRA-MARTÍNEZ, A., NÁPOLES-RIVERA, F., SERNA-GONZÁLEZ, M., PONCE-ORTEGA, J.M. y EL-HALWAGI, M.M. 2015. Simultaneous design of water reusing and rainwater harvesting systems in a residential complex. *Computers & Chemical Engineering*, vol. 76, no. 0, pp. 104 - 116. ISSN 0098-1354. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.compchemeng.2015.02.011>.

GHISI, E. y OLIVEIRA, S.M. de 2007. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. *Building and Environment*, vol. 42, no. 4, pp. 1731 - 1742. ISSN 0360-1323. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.02.001>.

HWANG, H., FORRESTER, A., LANSEY, K. y . 2014. Decentralized Water Reuse: Regional Water Supply System Resilience Benefits. *Procedia Engineering*, vol. 70, pp. 853-856. ISSN 18777058. DOI 10.1016/j.proeng.2014.02.093.

KWAADSTENIET, M., DOBROWSKY, P., DEVENTER, A., KHAN, W. y CLOETE, T. 2013. Domestic Rainwater Harvesting: Microbial and Chemical Water Quality and Point-of-Use Treatment Systems. *Water, Air & Soil Pollution*, vol. 224, no. 7, pp. 1. ISSN 00496979. edb

MORALES-PINZÓN, T., LURUEÑA, R., GABARRELL, X., GASOL, C.M. y RIERADEVALL, J. 2014. Financial and environmental modelling of water hardness — Implications for utilising harvested rainwater in washing machines. *Science of The Total Environment*, vol. 470–471, pp. 1257-1271. ISSN 0048-9697. DOI 10.1016/j.scitotenv.2013.10.101.

MORALES-PINZÓN, T., RIERADEVALL, J., GASOL, C.M. y GABARRELL, X. 2014. Modelling for economic cost and environmental analysis of rainwater harvesting systems. *Journal of Cleaner Production*, no. 0, pp. -. ISSN 0959-6526. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.021>.

NETO, R.F.M., CALIJURI, M.L., CARVALHO, I. de C. y SANTIAGO, A. da F. 2012. Rainwater treatment in airports using slow sand filtration followed by chlorination: Efficiency and costs. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 65, no. 0, pp. 124 - 129. ISSN 0921-3449. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.001>.

SÁNCHEZ, A.S., COHIM, E. y KALID, R.A. 2015. A review on physicochemical and microbiological contamination of roof-harvested rainwater in urban areas. *Sustainability of Water Quality and Ecology* [en línea], [Consulta: 30 septiembre 2015]. ISSN 2212-6139. DOI 10.1016/j.swaqe.2015.04.002. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212613915000264>.

VIEIRA, A.S., WEEBER, M. y GHISI, E. 2013. Self-cleaning filtration: A novel concept for rainwater harvesting systems. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 78, no. 0, pp. 67 - 73. ISSN 0921-3449. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.06.008>.

WARD, S., MEMON, F.A. y BUTLER, D. 2012. Performance of a large building rainwater harvesting system. *Water Research*, vol. 46, no. 16, pp. 5127 - 5134. ISSN 0043-1354. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2012.06.043>.

ZADEH, S.M., HUNT, D.V.L., LOMBARDI, D.R. y ROGERS, C.D.F. 2014. Carbon costing for mixed-use greywater recycling systems. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management*, vol. 167, no. 8, pp. 467-481. ISSN 1741-7589. DOI 10.1680/wama.12.00093.

## ANEXOS

### Anexo A. Aparatos sanitarios con mejores características físico-químicas y microbiológicas a la salida.

Característica	Israel	Londres	Portugal	Otros	Siglas	Descripción
Turbidez	-	WM	-	BT	BT	Baño Duchas
Conductividad	-	-	BT	BT	WB	Lava manos
TS	DW	-	-	BT	KS	Cocina
VTS	WB	-	-	-	WM	Lavadora
TSS	BT	BT	-	BT	DW	Lava vajillas
VSS	BT	-	-	-	TS	Solidos totales
TDS	-	-	BT	BT	VTS	Solidos totales volátiles
COD t	BT	-	WB	BT	TSS	Solidos suspendidos totales
COD d	BT	-	-	-	VSS	Solidos suspendidos volátiles
BOD t	BT	-	-	BT	COD t	Demanda química de oxígeno total
BOD d	BT	-	-	-	COD d	Demanda química de oxígeno disuelta
TOC t	BT	-	-	-	BOD t	Demanda biológica de oxígeno total

TOC d	BT	-	-	-	BOD d	Demanda biológica de oxígeno disuelta
tot Oil	BT	-	-	-	TOC t	Carbón orgánico total
NH4-N	WB	-	-	-	TOC d	Carbón Orgánico disuelto
PO4-P	BT	-	-	-	tot Oil	Aceite total
MBAS	WB	-	-	-	NH4-N	Amonio
Cl-	BT	-	-	-	PO4-P	Fosfato
B	KS	-	-	KS	MBAS	Detergentes anionicos
Na	KS	-	-	BT	Cl-	Cloro
FC	KS	WB	WM	WB	B	Boro
TC	KS	WB	WM	-	Na	Sodio
E coli	-	-	KS	WB	FC	Coliformes fecales
					TC	Coliformes totales

## Anexo B. Características del agua gris en países de bajos ingresos

Adaptado de [22]

Parameters	India <sup>a</sup>	Jordan <sup>b</sup>	Pakistan <sup>e</sup>	Taiwan <sup>f</sup>	Tunisia <sup>g</sup>	Turkey <sup>h</sup>	Yemen <sup>i</sup>
pH	7.3–8.1	6.4–9	6.2	6.5–7.5	7.6		6
Turbidity (NTU) <sup>a</sup>		49		43			619
EC (mS/m) <sup>a</sup>		89–703					
TS	497	659–2,653		405			
TSS	100–283	94–845	155	29	33	54	511
TDS	573	565–2,444	102				
BOD	100–188	36–942	56	23	97	91	518
COD	250–375	58–1,712	146	55	102	190–350	2,000
TOC					32.6	92	
Chlorides	53	147–205		206			
MBAS		39					
O&G	7						
Nitrate	0.67	0.68			0.2	1.3	98
Tot. N		6.44–52			8.1	7.6	
Tot. P	0.012	0.69–51.58				7.2	
TC (MPN) <sup>j</sup>		2.5E2–1E7		5.10E+03			

FC (MPN) j		13–3E5	1.10E+04	1.90E+07
E. coli (MPN) j		2.00E+05		
Ca	0.13	24–60		
Mg	0.11	15.1–23		
Na	32–50	70–302		

---

a Parjane and Sane (2011); Nehru Kumar and Enayathali (2012); Main and Ingavale (2012)

b Al-Hamaiedeh and Bino (2010); Halalsheh et al. (2008); Abu Ghunmi et al. (2011); Jamrah et al. (2011); Abu Ashour and Jamrah (2008)

c Krishnan et al. (2008)

d Hu et al. (2011)

e Pathan et al. (2011)

f Lin et al. (2005)

g Lamine et al. (2007)

h Masi et al. (2010); Hocaoglu and Orhon (2010)

i Al-Mughalles et al. (2012)

j Units in bracket. All

### Anexo C. Características del agua gris en países de altos ingresos.

Adaptado de: [22]

Parámetros	Germany <sup>a</sup>	Israel <sup>b</sup>	Japan <sup>c</sup>	Korea <sup>d</sup>	Oman <sup>e</sup>	Spain <sup>f</sup>	Sweden <sup>g</sup>	UK <sup>h</sup>	USA <sup>i</sup>
pH	7.6	6.3–8.2		7.4	6.7–8.5	7.6	7.8	6.6–7.6	6.4
Turbidity (NTU) <sup>a</sup>	29	23–35		2,131	12–444	20		26.5–164	31.1
EC (mS/m) <sup>a</sup>	64.5	120–170			1.4–24		196	32.7	23
TS		777–2,819			520–2,700	44			
TSS		30–298		2,180	11–505	32		37–153	17
TDS		599			119–2,385				171
BOD	59	74–890		255	25–562		425	39–155	86
COD	109	840–1,340	657		58–486	151–177	890	96–587	
TOC		91–582			63–175	58–61	304	60–99	43
Chlorides		166–716							
MBAS	0.3	3.3–61	30.8		3–118	3–118	30		
O&G		77–328							
Nitrate		0.7–3.5			8.–29			3.9	

Tot. N	15.2	10–34.3	25.6	10–11	75	4.6–10.4	13.5
Tot. P	1.6	1.9–48	1.1		4.2	0.4–0.9	4
TC (MPN) <sub>j</sub>				2E2–3.5E3		6.4E3–2.2E7	
FC (MPN) <sub>j</sub>	1.40E+0 5	3.5E4– 4E6		2.00E+0 2	1.70E+0 5		
E. coli (MPN) <sub>j</sub>		5.00E+0 4	8.5E3 – 1.2E4	2.00E+0 2		10–3.9E5	5.40E+0 2
Ca		79.6		15.7–19.7			
Mg		47.6		21–61			
Na		89–641		149–667			

a Merz et al. (2007)

b Gross et al. (2007a); Friedler (2004); Friedler and Alfiya (2010)

c Huelgas and Funamizu (2010)

d Jong et al. (2010)

e Prathapar et al. (2005); Prathapar (2006), Jamrah et al. (2008)

f March and Gual (2007); March et al. (2004)

g Dalahmeh et al. (2012)

h Jefferson et al. (2004); Birks and Hills (2007); Pidou et al. (2008)

i Jokerst et al. (2011)

j Units in bracket. All other units are in milligramme per litre, except pH

**Anexo D. Resumen de estudios con promedios de parámetros físico-químicos de agua lluvia.**

<b>País</b>	<b>Material</b>	<b>Muestras</b>	<b>pH<sup>a</sup></b> mg/l	<b>SST<sup>b</sup></b> mg/l	<b>Turb<sup>c</sup></b> NTU	<b>Fe<sup>d</sup></b> µg/l	<b>Pb<sup>e</sup></b> µg/l	<b>Zn<sup>f</sup></b> µg/l	<b>NO3<sup>h</sup></b> mg/l	<b>CT<sup>i</sup></b> CFU/100ml	<b>E.coli</b>	<b>Referencia</b>
Colombia	C	2	7.1	38	6*	177	-	-	-	-	-	[43]
Colombia	C	2	7.6	-	6*	24	0.2	-	-	-	-	
E.U. , Texas	TA	4	7.7	140	51	950	3.5	160	3.3	1500	-	[25]
Grecia	C	156	8.3	-	-	11	0.2	10	7.1	11	0	[80]
Corea del Sur	C	90	7.3	-	-	-	27	160	2.2	70	10	[55]
Corea del Sur	TA	40	7.1	219	-	155	11.0	131	1.9	76	8	[24]
Bermuda	~	112	7.8	112	-	8	0.2	9	1.6	-	-	[81]
Australia	~	15-70	6.7	6	1	44.8	3.8	1790	1.2	100	0	[82]
Australia.	~	165-354	6.1	-	-	68	5.4	770	1.6	-	-	[83]
<b>Promedio</b>		<b>65</b>	<b>7.3</b>	<b>103</b>	<b>16</b>	<b>180</b>	<b>6</b>	<b>433</b>	<b>2.7</b>	<b>351</b>	<b>5</b>	
Brasil <sup>n</sup>	Uso no potable		6.0-9.0	-	<5	-	-	-	-	-	-	[27]
Australia <sup>n</sup>	Uso no potable		6.5-8.5	<10	<2-5	-	-	-	-	-	-	[28]

E.U. <sup>n</sup>	Uso potable	6.5- 8.5	0	<1	300	0	5000	10	0	0	[29]
-------------------	-------------	-------------	---	----	-----	---	------	----	---	---	------

---

\* Tomado de muestreo similar ~ Variedad de materiales - Valor no especificado <sup>n</sup> Normativa

De acuerdo a [25] factores como el pH, sólidos suspendidos, hierro, plomo, zinc, nitratos, coliformes totales y e.coli, pueden ser afectados en un (a) 12%, (b) 70%, (c) 82%, (d) 24%, (e) 100%, (f) 59%, (h) 83%, (i) 26% y (j) 60% respectivamente por el contacto con los sistemas de captación (cubierta, canales, y bajantes).

**Anexo E. Encuesta reutilización de aguas domésticas, conjunto residencial  
Mirador del cacique, (Google Drive)**

## Encuesta / Reutilización de aguas domésticas

La presente encuesta tiene como principal objetivo comprender el potencial de reuso de aguas domésticas, como parte de un trabajo de grado realizado por estudiantes de ingeniería civil de la Universidad Industrial de Santander.

### CONSENTIMIENTO INFORMADO:

La información que usted suministre en esta encuesta será exclusivamente consultada por los estudiantes Julián Mauricio Zaraza Peña y Miryam Lizeth Rivera Sánchez, al igual que por la Directora y Co- Director de proyecto Isabel Cristina Domínguez y Edgar Ricardo Oviedo. La publicación de los resultados se hará de manera compilada con todos los encuestados y en ningún momento se revelará su identidad. De igual manera recuerde que puede desistir de responder cualquier pregunta en el momento que desee.

La encuesta consta de doce preguntas y tomará un tiempo aproximado de 10 minutos.

### Datos Vivienda

#### Número de la casa

#### Nombre / Apellido

#### ¿Cuántas personas en total viven en su casa?

#### ¿Cuál es el consumo promedio de agua en su vivienda?

Esta información puede ser consultada en el recibo del agua, debajo del gráfico de barras titulado "PROMEDIO HISTÓRICO M3" que se encuentra en la parte superior derecha.

#### ¿Con qué frecuencia se riega el jardín en su vivienda?

**¿Con qué frecuencia se lava un automóvil utilizando el agua de su vivienda?**

## Reutilización

\*Aguas grises: son todas las aguas residuales que se generan en un hogar a excepción del inodoro, (limpieza de utensilios, lavadora, lavamanos, ducha, etc).

**¿Estaría dispuesto/a a reutilizar agua lluvia en su vivienda?**

Teniendo en cuenta que esta pasará por un tratamiento previo

Si

No

**¿Por qué?**

Medio Ambiente

Ahorro de Dinero

Higiene

Mantenimiento

Otros:

**¿En qué lugares estaría dispuesto/a a utilizar el agua lluvia tratada?**

Teniendo en cuenta que esta pasará por un tratamiento previo

Duchas

Lavamanos

Inodoros

- Lavadora
- Lavadero
- Fregadero (cocina)
- Patio
- Jardín
- No Sabe / No Responde
- Otros:

**¿Estaría dispuesto/a a reutilizar aguas grises provenientes de su propia vivienda?**

Teniendo en cuenta que esta pasará por un tratamiento previo

- Si
- No

**¿Por qué?**

- Medio Ambiente
- Ahorro de Dinero
- Higiene
- Mantenimiento
- Otros:

**¿En qué lugares estaría dispuesto/a a utilizar las aguas grises tratadas?**

Teniendo en cuenta que esta pasará por un tratamiento previo

- Duchas
- Lavamanos
- Inodoros
- Lavadora
- Lavadero
- Fregadero (cocina)
- Patio
- Jardín
- No Sabe / No Responde
- Otros:

**Aceptación**

**Si fuese a comprar vivienda: ¿Cuánto pagaría por un sistema para reutilizar aguas?**

El precio incluye lo correspondiente a diseños, materiales y mano de obra.

**¿Con qué frecuencia estaría dispuesto/a a realizar un mantenimiento conductivo del sistema?**

Es el conjunto de tareas básicas realizadas por los usuarios del sistema.



## Anexo F. Directrices y normas de reutilización de aguas residuales domésticas

Adaptado de: [84] y [22].

Type of reuse	Reclaimed water quality	Reference
Urban reuse: all types of landscape irrigation, toilet flushing, fire protection, commercial air conditioners	pH=6–9, BOD ≤10 mg/L, turbidity≤2 NTU, FC=no detectable faecal coli/100 ml, chlorine (Cl <sub>2</sub> =1 mg/L residual (minimum)	United States Environmental Protection Agency 2004
Restricted access area irrigation—sod farms, 2004 areas where public access is prohibited	pH=6–9, BOD≤30 mg/L, TSS≤30 mg/L, FC≤200 faecal coli/ 100 ml, Cl <sub>2</sub> =1 mg/L residual (minimum)	
Agricultural reuse—food crops not commercially processed—surface or spray irrigation	pH=6–9, BOD≤10 mg/L, turbidity≤2 NTU, FC=no detectable faecal coli/100 ml, Cl <sub>2</sub> =1 mg/L residual (minimum)	
Construction—soil compaction, dust control, washing aggregate, making concrete	BOD≤30 mg/l, TSS≤30 mg/L, FC<200 faecal coli/100 ml, Cl <sub>2</sub> = 1 mg/L residual (minimum)	
Indirect potable reuse—groundwater	Includes, but not limited to, the following: pH=6.5–8.5, turbidity≤ 2 NTU, TC=no	

recharge by injection into potable aquifers detectable total coli/100 ml, Cl<sub>2</sub>=1 mg/L residual (minimum), TOC≤3 mg/L, TOX≤0.2 mg/l, Meet drinking water standards

Discharge into inland surface water SS<100 mg/L, pH5.5 to 9.0, O&G<10 mg/L, ammonical nitrogen (as N)<50 mg/L, BOD<30 mg/L, COD<250 mg/L, As<0.2 mg/L, Central Pollution Control Board 2012

Discharge into land for irrigation SS<200 mg/L, pH5.5 to 9.0, O&G<10 mg/L, BOD<30 mg/L, As<0.2 mg/L,

Restricted irrigation Helminth eggs<1/L, coli<100,000 (relaxed to 10,00,000 when exposure is limited or regrowth is likely) E. World Health Organization 2006

Unrestricted irrigation of crops Helminth eggs<1/L, coli<1,000 (relaxed to 10,000 for high growing leaf crops or drip irrigation) E.

### Anexo G. Consumo energético por alternativa.

Opciones		1	2	3
	<i>Descripción</i>	IN,GE,GI	LO,LA,GE	LO,LA,GI
	<i>Volumen [m3]</i>	89	95	101
	<i>Caudal [l/s]</i>	0.63	0.28	0.28
Aguas Lluvia	<i>Potencia [HP]</i>	0.5165	0.119	0.079
	<i>Potencia nominal</i>	0.75	0.25	0.25
	<i>Tiempo [h /año]</i>	39	94	100
	<i>KW año</i>	21.98	17.51	18.72
	<i>Descripción</i>	-	IN	GE
	<i>Volumen [m3]</i>	-	61.56	10.52
	<i>Caudal [l/s]</i>	-	0.59	0.2
Aguas grises	<i>Potencia [HP]</i>	-	0.47	0.09
	<i>Potencia nominal</i>	-	0.5	0.25
	<i>Tiempo [h /año]</i>	-	29	15
	<i>KW año</i>	-	10.81	2.72
Total	<i>KW año</i>	21.98	28.32	21.44

**(IN) inodoros, (GE) grifo exterior, (GI) grifo interior, (LO) lavadero, (LA) lavadora**

## Anexo H. Diseño del sistema hidrosanitario.

Diseño Red hidráulica (RHP,RGT,RLT)

<b>Condiciones especiales</b>	
<b>V (máxima) [m/s]</b>	2
<b>C</b>	0.0001
<b>Q max [lps]</b>	5.56
<b>PAM [mca]</b>	14.577

Tramo	Unidades	Caudal	Diametro	Velocidad	Longitud	Longitud	J	Hf	Hf	P
De a	Hunter finales	[lps]	nominal [in]	[mps]	[m]	total [m]	[m/m]	parcial [mca]	acumulada [mca]	disponible [mca]
<b>M</b>				<b>1.86</b>				0.497		14.577
<b>M 1</b>	42.00	1.24	<b>1.25</b>	1.56	5.70	5.70	0.07	0.37	0.37	13.71
<b>1 2</b>	42.00	1.24	<b>1.25</b>	1.56	0.40	1.10	0.07	0.07	0.44	13.64
<b>2 LP</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.20	1.70	0.21	0.35	0.80	13.28
<b>2 3</b>	42.00	1.24	<b>1.25</b>	1.56	0.10	0.80	0.07	0.05	0.50	13.58
<b>3 LV</b>	6.00	0.28	<b>0.75</b>	1.00	3.40	5.50	0.06	0.31	0.80	13.28
<b>3 4</b>	42.00	1.24	<b>1.25</b>	1.56	2.40	3.10	0.07	0.20	0.70	13.38
<b>4 GI</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	2.40	3.90	0.21	0.81	1.51	12.57
<b>4 5</b>	40.00	1.19	<b>1.25</b>	1.50	1.50	2.20	0.06	0.13	0.83	13.25
<b>5 6</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	3.85	5.35	0.21	1.12	1.95	12.13
<b>6 LM</b>	1.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.40	1.90	0.21	0.40	2.34	11.74
<b>6 DU</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	1.13	2.43	0.21	0.51	2.45	11.63
<b>1 T</b>	7.00	0.37	<b>0.75</b>	1.29	4.80	7.60	0.09	0.67	1.04	10.14
<b>T 11</b>	7.00	0.37	<b>0.75</b>	1.29	0.40	1.80	0.09	0.16	1.20	9.98
<b>11 12</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.86	1.86	0.21	0.39	1.59	9.59

<b>12 LM</b>	1.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.47	1.97	0.21	0.41	2.00	9.18
<b>12 DU</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	2.40	3.20	0.21	0.67	2.26	8.92
<b>11 13</b>	4.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.10	1.10	0.21	0.23	1.43	9.75
<b>13 LM</b>	1.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.44	1.94	0.21	0.40	1.84	9.34
<b>13 14</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	6.60	7.90	0.21	1.65	3.08	8.10
<b>14 LM</b>	1.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	2.70	4.20	0.21	0.88	3.95	7.23
<b>14 DU</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	2.30	3.60	0.21	0.75	3.83	7.35
<b>T TANQUE</b>	0.00	0.02	<b>0.50</b>	0.18	4.10	5.30	0.00	0.03	1.07	7.01
<b>5 7</b>	22.00	0.74	<b>1.00</b>	1.46	0.30	2.00	0.08	0.15	0.99	13.09
<b>7 8</b>	22.00	0.74	<b>1.00</b>	1.46	0.10	0.60	0.08	0.05	1.03	13.05
<b>8 TAN LL</b>	0.00	0.07	<b>0.50</b>	0.55	2.70	5.10	0.03	0.17	1.20	12.88
<b>8 9</b>	22.00	0.74	<b>1.00</b>	1.46	0.10	0.60	0.08	0.05	1.08	13.00
<b>9 TAN GRI</b>	0.00	0.02	<b>0.50</b>	0.18	3.10	5.50	0.00	0.03	1.10	12.98
<b>9 10</b>	22.00	0.74	<b>1.00</b>	1.46	0.20	0.70	0.08	0.05	1.13	12.95
<b>10 L1</b>	7.00	0.37	<b>0.75</b>	1.29	0.40	9.20	0.09	0.81	1.94	12.14
<b>L1 L2</b>	5.00	0.23	<b>0.50</b>	1.82	0.90	1.20	0.27	0.32	2.26	11.82
<b>L2 LO</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.10	1.60	0.21	0.33	2.60	11.48
<b>L2 LA</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.80	2.10	0.21	0.44	2.70	11.38
<b>L1 GE</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	12.10	14.60	0.21	3.04	4.99	9.09

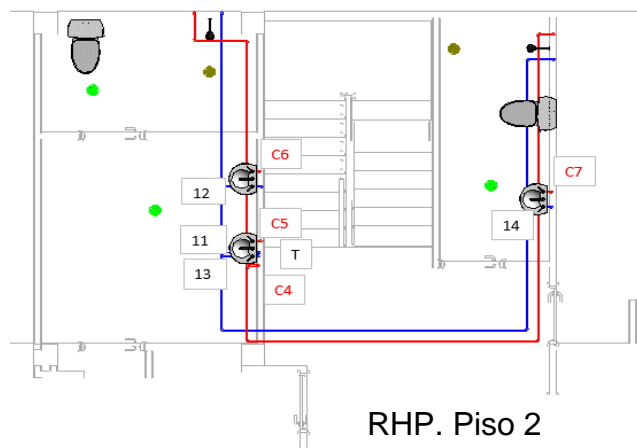
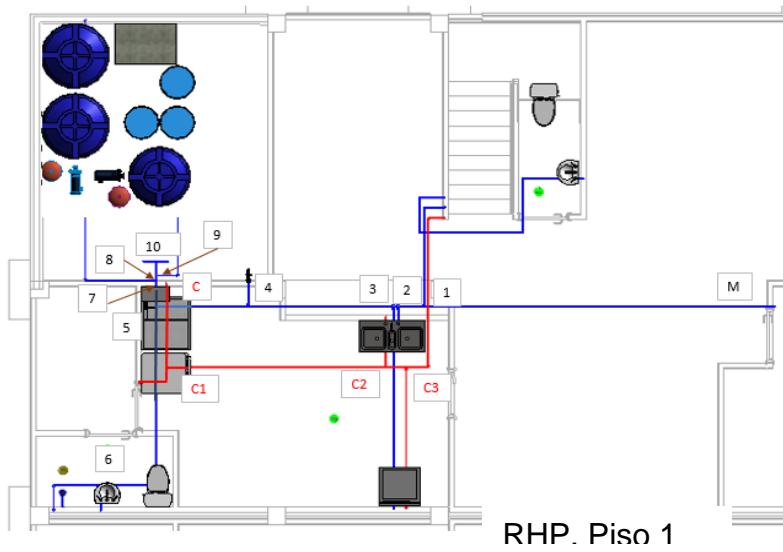
<b>10</b>	<b>G1</b>	15.00	0.59	<b>1.00</b>	1.16	0.40	11.10	0.05	0.57	1.70	12.38
<b>G1</b>	<b>IN</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	4.40	6.40	0.21	1.33	3.04	11.04
<b>G1</b>	<b>G2</b>	12.00	0.51	<b>0.75</b>	1.79	1.90	3.30	0.16	0.52	2.22	11.86
<b>G2</b>	<b>IN</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	8.00	11.00	0.21	2.29	4.51	6.67
<b>G2</b>	<b>G3</b>	9.00	0.43	<b>0.75</b>	1.51	7.00	8.80	0.12	1.02	3.24	10.84
<b>G3</b>	<b>IN</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.40	1.90	0.21	0.40	3.64	10.44
<b>G3</b>	<b>GT</b>	6.00	0.28	<b>0.75</b>	1.00	3.40	4.50	0.06	0.25	3.49	7.69
<b>GT</b>	<b>IN</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	1.50	3.00	0.21	0.63	4.12	7.06
<b>GT</b>	<b>IN</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	4.40	5.70	0.21	1.19	4.68	3.40
<b>7</b>	<b>C</b>	17.00	0.63	<b>1.00</b>	1.24	0.00	3.40	0.06	0.20	1.18	12.90
<b>C</b>	<b>C1</b>	17.00	0.63	<b>1.00</b>	1.24	1.40	2.20	0.06	0.13	1.31	12.77
<b>C1</b>	<b>LA</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.60	1.90	0.21	0.40	1.71	12.38
<b>C1</b>	<b>C2</b>	15.00	0.59	<b>1.00</b>	1.16	3.60	5.30	0.05	0.27	1.58	12.50
<b>C2</b>	<b>LP</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.80	2.30	0.21	0.48	2.06	12.02
<b>C2</b>	<b>C3</b>	13.00	0.53	<b>0.75</b>	1.86	0.30	0.70	0.17	0.12	1.70	12.38
<b>C3</b>	<b>LV</b>	6.00	0.28	<b>0.75</b>	1.00	2.40	4.50	0.06	0.25	1.95	12.13
<b>C3</b>	<b>C4</b>	7.00	0.37	<b>0.75</b>	1.29	6.00	9.20	0.09	0.81	2.51	8.67
<b>C4</b>	<b>C5</b>	4.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.30	1.30	0.21	0.27	2.78	8.40
<b>C5</b>	<b>LM</b>	1.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.20	1.70	0.21	0.35	3.14	8.04

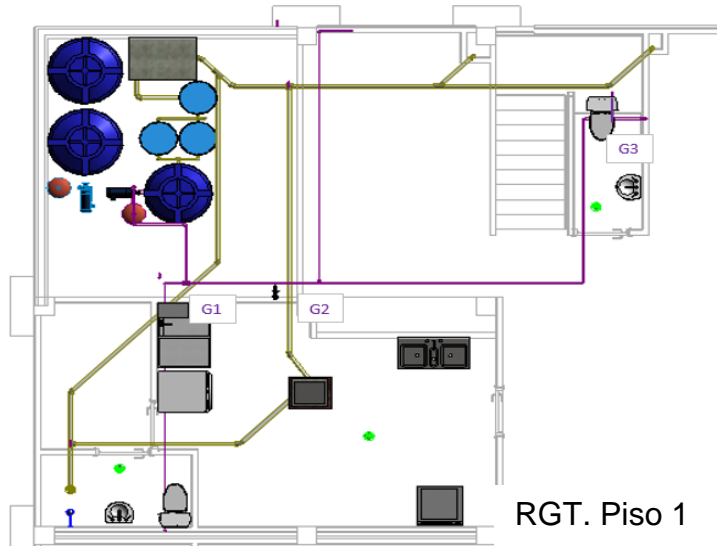
<b>C5 C6</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.90	1.20	0.21	0.25	3.03	8.15
<b>C6 LM</b>	1.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.20	1.70	0.21	0.35	3.39	7.79
<b>C6 DU</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	2.80	4.60	0.21	0.96	3.99	7.19
<b>C4 C7</b>	3.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	6.70	8.70	0.21	1.81	4.33	6.86
<b>C7 LM</b>	1.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	0.20	1.70	0.21	0.35	4.68	6.50
<b>C7 DU</b>	2.00	0.20	<b>0.50</b>	1.58	2.30	3.60	0.21	0.75	5.08	6.10

---

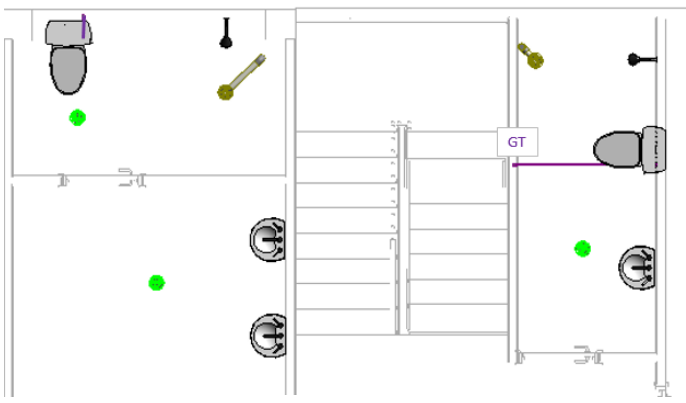
Los tramos con iniciales L forman parte de la red de aguas lluvia, G aguas grises y C conforman la red de agua caliente.

A continuación se muestran los trazados con la nomenclatura de sus tramos

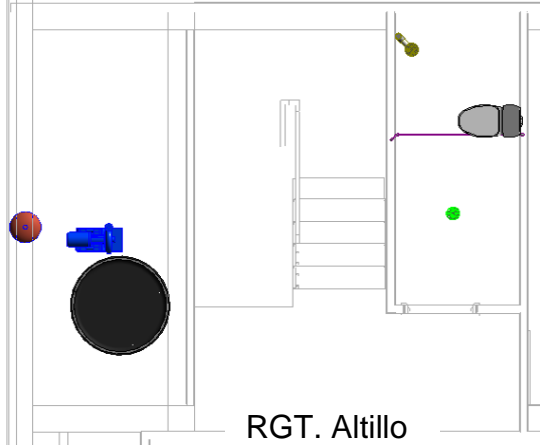




RGT. Piso 1



RGT. Piso 2



RGT. Altillo

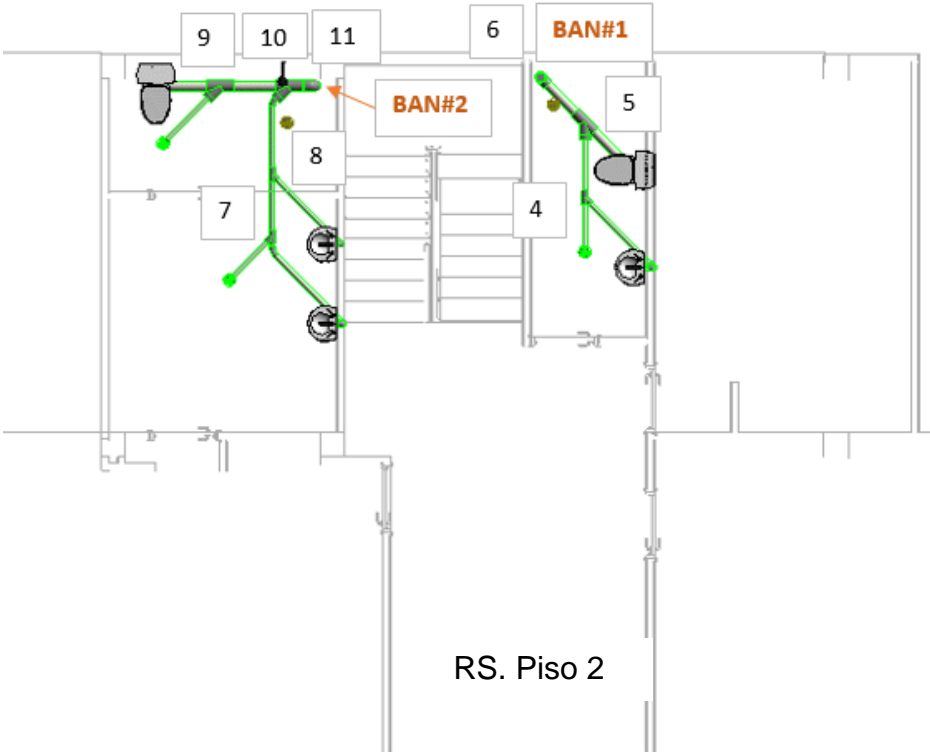
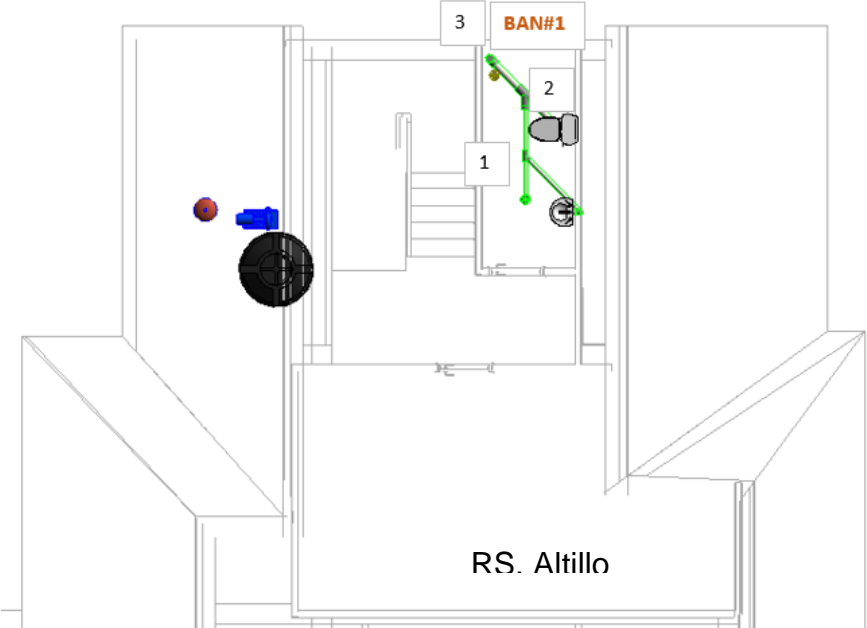
Diseño Red sanitaria (RS)

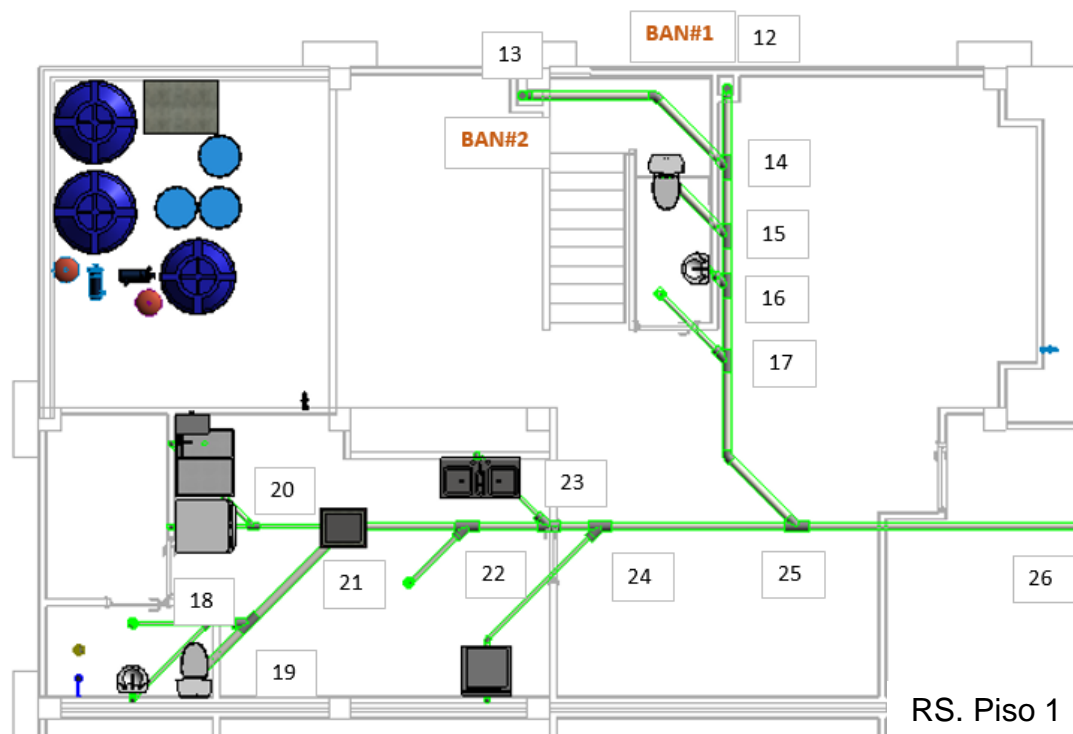
Tramo				
Inicio	Fin	UD	H/V	D[plg]
LM	1	1	H	2
SP	1	1	H	2
IN	2	3	H	4
1	2	2	H	2
2	3	5	H	4
3	6	5	V	4
LM	4	1	H	2
SP	4	1	H	2
IN	5	3	H	4
4	5	2	H	2
5	6	5	H	4
LM	7	1	H	2
SP	7	1	H	2
LM	8	1	H	2
7	8	2	H	2
8	10	3	H	2
IN	9	3	H	4
SP	9	1	H	2
9	10	4	H	4
10	11	7	H	4

6	12	10	V	4
12	14	10	H	4
11	13	7	V	4
13	14	7	H	4
14	15	17	H	4
IN	15	3	H	4
15	16	20	H	4
LM	16	1	H	2
16	17	21	H	4
SP	17	1	H	2
17	25	22	H	4
<hr/>				
LM	18	1	H	2
SP	18	1	H	2
18	19	2	H	2
IN	19	3	H	4
19	21	5	H	4
LO	20	3	H	2
LA	20	2	H	2
20	21	5	H	2
21	22	10	H	4
SP	22	1	H	2
22	23	11	H	4
LP	23	2	H	2
23	24	13	H	4
LV	24	6	H	2
24	25	19	H	4
<hr/>				
25	26	41	H	4
<hr/>				

H= Horizontal, V=Vertical

A continuación se muestran el trazado con la nomenclatura de sus tramos





Si el usuario decide no recolectar las aguas grises y evacuarlas por el desagüe de aguas negras, el diseño de los tramos finales sería el siguiente.

Tramo		UD	H/V	D[plg]
Inicio	Fin			
21	22	18	H	4
SP	22	1	H	2
22	23	19	H	4
LP	23	2	H	2
23	24	21	H	4
LV	24	6	H	2
		27	H	4
25	26	49	H	4

A pesar de que requiere evacuar mayor cantidad de agua, los diámetros permanecen iguales.

Diseño Red Aguas grises recolección ( RGR)

Tramo		UD	H/V	D[plg]
Inicio	Fin			
DU	1	2	H	2
1	2	2	V	2
DU	2	2	H	2
DU	3	2	H	2
2	4	4	V	2
3	5	2	V	2
4	6	4	H	2
5	6	2	H	2
6	7	6	H	2
DU	7	2	H	2
7	8	8	H	2

A continuación se muestran el trazado con la nomenclatura de sus tramos

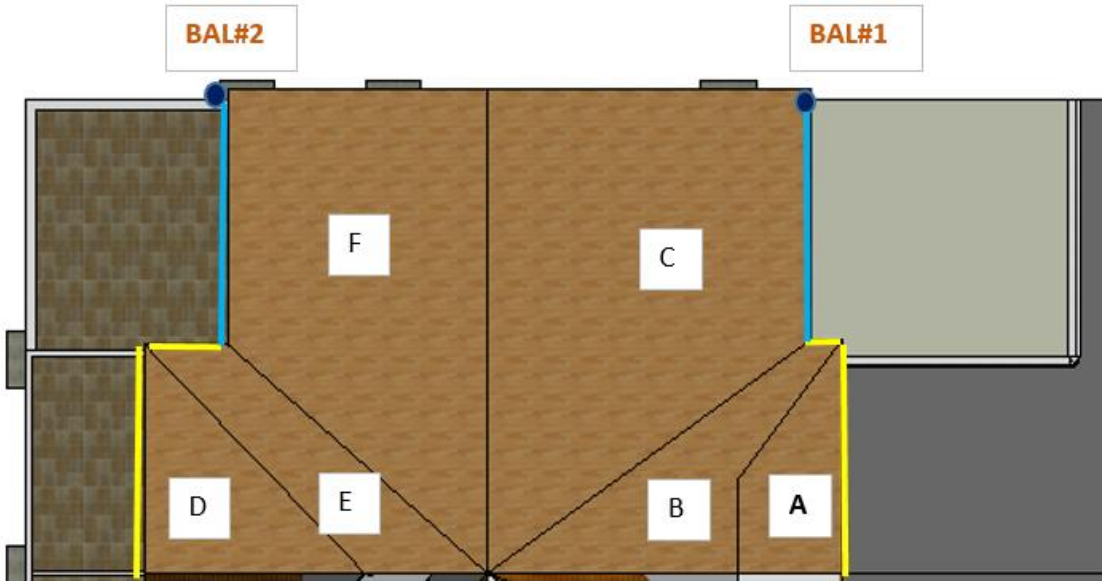
Diseño Red Aguas Iluvia tratada (RLT)

Canaletas					Bajantes				
Zona	Área°	Carga	Dim req*	Dim Fin*	Zona	Área°	# B	Carga	Dim*
A	5.5	5.5	3	5	A	5.5	B1		
B	9.2	14.7	3	5	B	9.2	B1	53.6	3
C	38.9	53.6	5	5	C	38.9	B1		
D	8.2	8.2	3	5	D	8.2	B2		
E	7.7	15.9	4	5	E	7.7	B2	47.4	3
F	31.5	47.4	5	5	F	31.5	B2		

Colectores horizontales			
Colector	Bajante	Área°	Dim*
1	B1	53.6	3
2	B2	47.4	3
3	B1+B2	101	4

Unidades: ° [m2], \* [Pulg]

A continuación se muestra la distribución de áreas de la cubierta utilizada en el diseño



## Anexo I. Diseño sistema de Bombeo

### Diseño Sistema de bombeo agua potable

Diseño impulsión y succión	
Unidades de Hunter	3
Qb [lps]	0.2
Di [in]	0.5
Vi [mps]	1.58
Ds [in]	0.75
Vs[mps]	0.70

PERDIDAS [mca]		
Parámetro	Impulsión	Succión
C	0.0001	0.0001
J	0.208	0.0304
Tramos rectos [m]	11.4	0.3
Longitud total [m]	19.55	7.31
Hi [mca]	4.08	0.22

Hi + Hs [mca]	4.30
H Trazado [mca]	0
Hf total [mca]	4.30

---

Parámetro	Valor
HDT	8.000
HDT encendido [mca]	12.000
HDT apagado [mca]	26.000
Rango presostato [psi]	20-40
NPSH req [mca]	6.987
Pot requerida [HP]	0.072874494
Potencia nominal [HP]	0.250
Vol tanque hidroneumático [L]	16.729

---

Diseño Sistema de bombeo. Aguas gris tratada.

---

Diseño impulsión y succión	
Unidades de Hunter	15
Qb [lps]	0.59
Di [in]	1
Vi [mps]	1.16
Ds [in]	1.5
Vs[mps]	0.52

---

PERDIDAS [mca]		
Parámetro	Impulsión	Succión
C	0.0001	0.0001
J	0.051	0.0075
Tramos rectos [m]	2.3	1
Longitud total [m]	7.00	15.43
Hi [mca]	0.36	0.12

Hi + Hs [mca]	0.48
H Trazado [mca]	3.55
Hf total [mca]	4.02

Parámetro	Valor
HDT	14.688
HDT encendido [mca]	29.000
HDT apagado [mca]	15.000
Rango presostato [psi]	20-40
NPSH req [mca]	8.840
Pot requerida [HP]	0.2687
Potencia nominal [HP]	0.500
Vol tanque hidroneumático [L]	53.564

Diseño Sistema de bombeo, Aguas lluvia tratada.

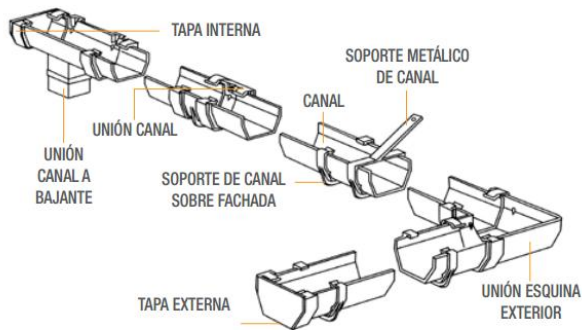
Diseño impulsión y succión	
Unidades de Hunter	7
Qb [lps]	0.37
Di [in]	0.75
Vi [mps]	1.30
Ds [in]	1.25
Vs[mps]	0.47

PERDIDAS [mca]		
Parámetro	Impulsión	Succión
C	0.0001	0.0001
J	0.089	0.0079
Tramos rectos [m]	6.8	1
Longitud total [m]	15.53	13.39
Hi [mca]	1.38	0.11
Hi + Hs [mca]	1.49	
H Trazado [mca]	3.86	
Hf total [mca]	5.35	

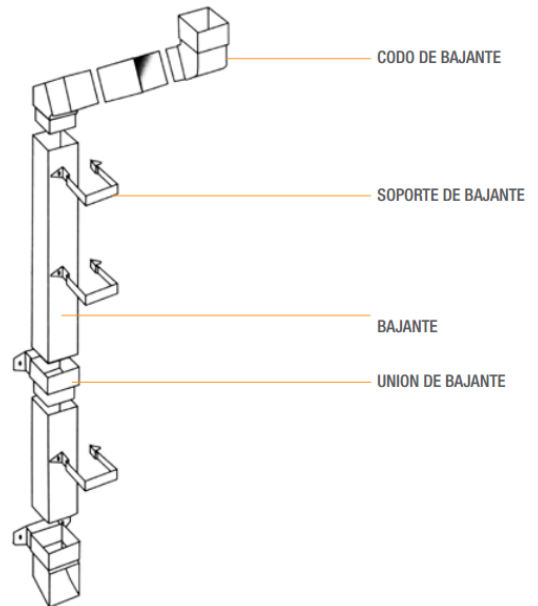
Parámetro	Valor
HDT	10.614
HDT encendido [mca]	12.000
HDT apagado [mca]	26.000
Rango presostato [psi]	20-40
NPSH req [mca]	7.080
Pot requerida [HP]	0.1348
Potencia nominal [HP]	0.250
Vol tanque hidroneumático [L]	30.948

## Anexo J. Especificación recolección (Aguas Iluvia)

### Esquema Canal Raingo



### Esquema Bajantes PAVCO



## Anexo K. Especificación filtro de hojas (Aguas lluvia)



A.



B.

### Anexo L. Especificación Malla anti-plagas (Aguas Iluvia)

Malla Mosquitos			
Referencia	Agujero	Color	Dimensiones [Rollo]
Mosquito 9x10	n/a	Blanco verde	1.2 y 1.50 m. y Ancho 15 y 30 m Largo



## Anexo M. Especificación dispositivo First-Flush (Aguas Iluvia)

Almacenamiento First Flush		
Área	102.0	m <sup>2</sup>
Precipitación	1.0	mm
Volumen	102	L
B. diam	6.0	pulg
B. área	0.02	m <sup>2</sup>
Long	5.6	m
Agujero	0.5	cm
Desalojo	16.5	min
Qdes	0.10	l/s

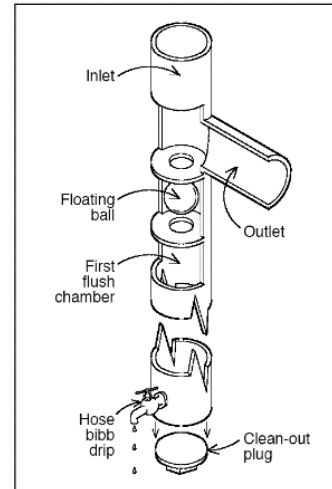


Figure 2-3. Standpipe with ball valve

Especificaciones first flush a partir de: [49] y [23]

Cantidades recomendadas de First Flush [mm de lluvia]

Adaptado de: [85]

	Turbidez objetivo			
	50	20	10	5
Turbidez media de escorrentía [NTU]				
50	0	1.5	2.5	3.5
100	1	2.5	3.5	4.5
200	2	3.5	4.5	5.5
500	3.5	4.5	5.5	6.5
1000	4.5	5.5	6.5	7.5
2000	5.5	6.5	7.5	8.5

## Anexo N. Especificación Filtro auto-limpiante (Aguas Iluvia)

Filtro autolimpiante por: [53]

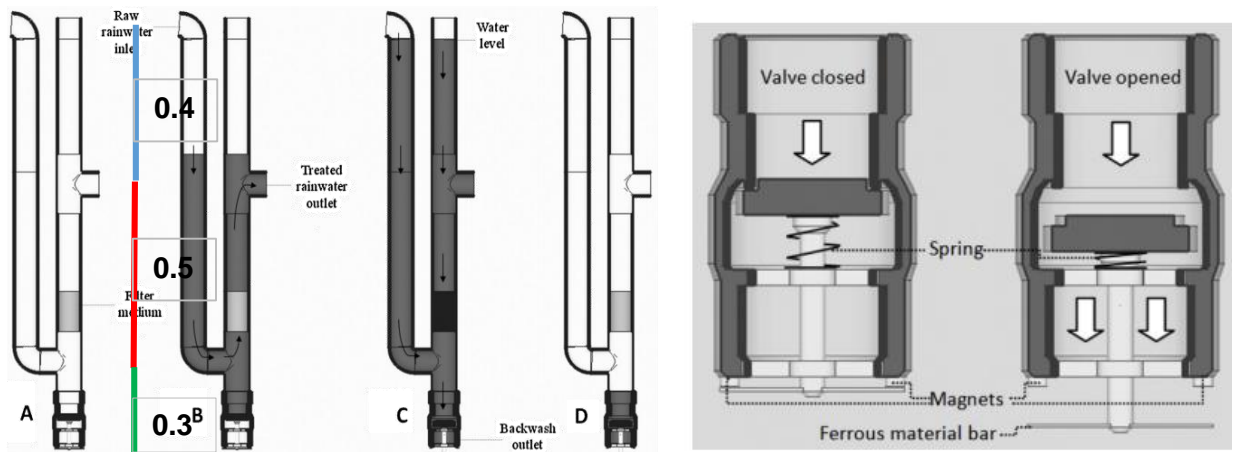


Fig. 2. Operation of the magnetic backwash valve.

Gasto por lluvia promedio		
Ciclo	6.0	min
Diámetro	4	pulg
Gasto	25.133	L
Gasto T	41.888	L
Acubierta	102	m2
Precipitación	0.41	mm

---

Especificaciones técnicas del filtro

Parámetros CASFIL 5860 TMC


---

Código de referencia	2
Material	Polipropileno
Tipo	Monofilamento Tejido
Tamaño de poros [ $\mu\text{m}$ ]	75
Espesor [mm]	1.07
Peso [ $\text{gm}^{-2}$ ]	490

---

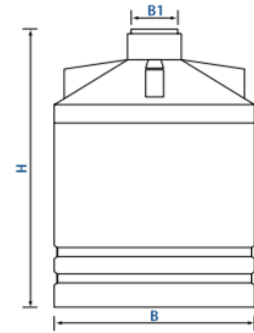
[53]

## Anexo O. Especificaciones Tanque de almacenamiento (Aguas Iluvia)



**Tanque Botella Tapa Rosca**

Referencia	Cap. Lt	B mm	B1 mm	H mm
2905685	300	919.0	544.0	780.0
2903125	600	919.0	544.0	1250.0
2904575	1100	1108.0	544.0	1345.0



## Anexo P. Especificaciones Filtro grueso (Aguas grises).

Función: Atrapar las partículas de mayor tamaño junto con pelos y otros elementos presentes en las aguas grises provenientes de las duchas.

Filtro grueso		
Tipo	Sock Filter	
Material	Polipropileno	
Tamaño	7.5x17.5	pulgadas
	200	micrones
Filtro	0.2	mm
	12.1	l/s



## Anexo Q. Especificación Trampa de Grasas (Aguas grises).

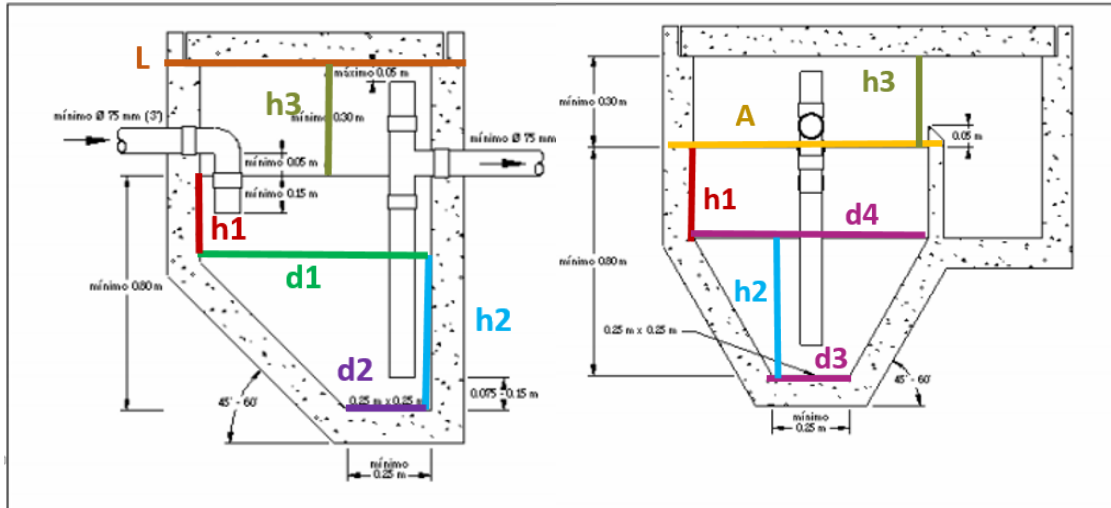


Figura 1. Trampa de grasa simple

Figura 2. Trampa de grasa con depósito de acumulación de grasa

Adaptado de: [86]

Afluente					
Tipo	Num	UnHun	Total	Qmp	QmOPS
Duchas	4	2	8	0.40	0.85

Efluente					
Tipo	Num	UnHun	Total	Qmp	
Inodoros	5	2	10	0.46	

### Volumen de Acumulación

Tacum	Vaf	Vef	Vresta	Vreq
-------	-----	-----	--------	------

180      152.7351   82.8      69.93506   152.74   [litros]

---

---

Dimensionamiento				
L	2.00	m	Espesor	0.15
A	1.30	m	Ángulo	60
h1	0.15	m	L/A	1.54
h2	0.65	m	Profundidad	0.80
h3	0.30	m	Htot	1.40
d1	1.70	m		
d2	1.32	m		
d3	0.25	m		
d4	1.00	m	Vdisponible [l]	914.8

---

## Anexo R. Especificaciones Filtración lenta en arena (Aguas grises).

Basadas en: [87]–[89]

Especificaciones			Dimensiones		
D	0.60	m	D	0.60	m
Área	0.28	m <sup>2</sup>	Htot	0.90	m
# Filtros	2	Filtros	e arenaf	0.40	m
Área Filt	0.57	m <sup>2</sup>	e arenag	0.150	m
V dis	0.30	m/h	e gravilla	0.150	m
Q dis	0.170	m <sup>3</sup> /h	Hent	0.10	m
Q dis	0.047	l/s	Hlibr	0.10	m

### Almacenamiento Compensación

H disp	1.10	m
V req	288.00	l
D req	0.58	m

### Afluente


Tipo	Num	UnHun	Total	Qmp	QmOPS
Duchas	4	2	8	0.40	0.85

### Efluente

Tipo	Num	UnHun	Total	Qmp
Inodoros	5	2	10	0.46

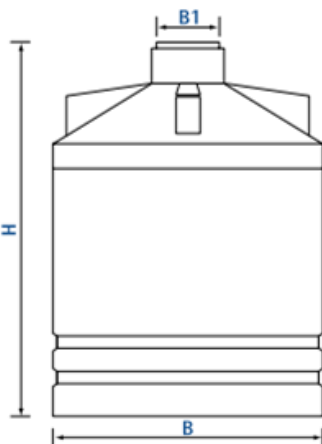
Análisis de Flujo de Agua			
Q ent	0.40	l/s	Hunter
Q sal	0.46	l/s	Hunter
C / hab	203.00	l/día	Encuestas
hab	4.20	hab	Encuestas
C total	852.60	l/día	Encuestas
C. Du	178.19	l/día	20.90%
C. In	169.67	l/día	19.90%
t acum	12.0	min	
V acum	288.0	l	
t evacua	1.7	horas	

## Anexo S. Especificaciones tanque de almacenamiento (Aguas grises).

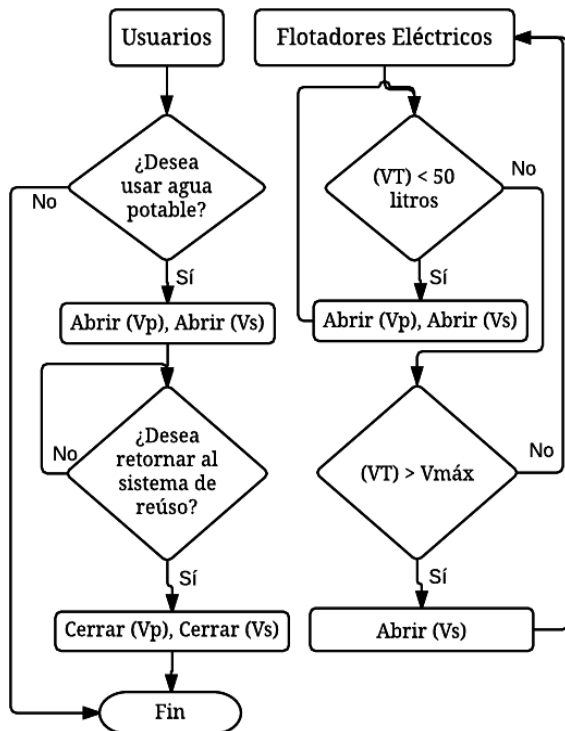


**Tanque Botella Tapa Rosca**

Referencia	Cap. Lt	B mm	B1 mm	H mm
2905685	300	919.0	544.0	780.0
2903125	600	919.0	544.0	1250.0
2904575	1100	1108.0	544.0	1345.0



### Anexo T. Plan de operación.



El diagrama de flujo parte de la suposición en que el sistema de reúso se encuentra funcionando completamente y sin ningún inconveniente.

Si el usuario planea dejar de usar el sistema de reúso total o parcialmente por periodos mayores a dos días, se recomienda vaciar los tanques de almacenamiento de la siguiente manera

Cerrar Vs

Verificar Vp cerrada

Abrir llave de algún aparato de reúso hasta q automáticamente Vp se abra

### Anexo U. Mantenimiento y depreciación por año.

N. o	Tipo	Valor Unitario	Period icidad Anual	Cantid ad / Año	Valor Total	%n
1	Limpieza tanques aguas lluvia (2x1100l)	\$20,000	2.0	0.50	\$ 10,000	5%
2	Limpieza tanque aguas grises (500l)	\$ 10,000	1.0	1.00	\$ 10,000	5%
3	Limpieza tanque aguas grises compensación (500l)	\$ 10,000	1.0	1.00	\$ 10,000	5%
4	Limpieza trampa de grasas (incluye cambio de filtros)	\$ 45,000	1.0	1.00	\$ 45,000	22%
5	Limpieza filtros lentos de arena (incluye reposición arena)	\$ 98,000	8.0	0.13	\$ 12,250	6%
6	Limpieza canaletas	\$ 10,000	1.0	1.00	\$ 10,000	5%
7	Depreciación elementos electromecánicos y electrónicos	\$ 49,120	1.0	1.00	\$ 49,120	24%
8	Mantenimiento preventivo sistema de bombeo	\$ 18,000	0.5	2.00	\$ 36,000	17%
9	Mantenimiento preventivo flotadores y válvulas elect.	\$ 12,000	0.5	2.00	\$ 24,000	12%
Total / Año					\$206,370	

**Anexo V. Presupuesto costos de construcción y diseño.**

No	Descripción	UN	Cantidad		Precio Unitario [COP]	Totales [COP]	
			Nueva	Original		Red Nueva	Red Original
<b>1</b>	<b>LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO</b>					<b>1,170,552.00</b>	<b>1,067,872.00</b>
	LOCALIZACIÓN	<b>M2</b>	228	208	1,050.00	239,400.00	218,400.00
	REPLANTEO	<b>M2</b>	228	208	4,084.00	931,152.00	849,472.00
<b>2</b>	<b>RED SANITARIA</b>					<b>3,551,765.00</b>	<b>3,941,466.00</b>
<b>2.1</b>	<b>TUBERÍA</b>					<b>2,037,613.00</b>	<b>2,282,552.00</b>
	TUBERÍA SANITARIA EN PVC DE DIÁMETRO 4" PAVCO	<b>M</b>	33	39	37,700.00	1,244,100.00	1,470,300.00
	TUBERÍA SANITARIA EN PVC DE DIÁMETRO 2" PAVCO	<b>M</b>	29	30	18,739.00	543,431.00	562,170.00

TUBERÍA DE VENTILACIÓN EN PVC DE DIÁMETRO 2" PAVCO	M	14	14	17,863.00	250,082.00	250,082.00
<b>2.2 ACCESORIOS</b>					<b>1,176,662.00</b>	<b>1,321,424.00</b>
BUJES SOLDADOS PVC 4"Ø-2"Ø PAVCO	UN	11	12	30,297.00	333,267.00	363,564.00
CODO SANITARIA PVC 45° Ø=2"	UN	2	3	7,051.00	14,102.00	21,153.00
CODO SANITARIA PVC 45° Ø=4"	UN	2	2	14,751.00	29,502.00	29,502.00
CODO SANITARIA PVC 90° Ø=2"	UN	28	32	6,495.00	181,860.00	207,840.00
CODO SANITARIA PVC 90° Ø=4"	UN	8	7	19,170.00	153,360.00	134,190.00
YEE SANITARIA PVC Ø=2"	UN	2	5	12,743.00	25,486.00	63,715.00
YEE SANITARIA PVC Ø=4"	UN	8	12	27,000.00	216,000.00	324,000.00
TEE SANITARIA PVC Ø=2"	UN	5	4	12,181.00	60,905.00	48,724.00
TEE SANITARIA PVC Ø=4"	UN	8	6	19,221.00	153,768.00	115,326.00
TAPON PRUEBAS SANITARIAS DE PVC Ø=4"	UN	0	5	2,682.00	0.00	13,410.00
TAPON PRUEBAS SANITARIAS DE PVC Ø=2"	UN	6	0	1,402.00	8,412.00	0.00

<b>2.3</b>	<b>PRUEBAS, SUPERVISIÓN Y CAJAS DE INSPECCIÓN</b>					<b>337,490.00</b>	<b>337,490.00</b>
	CAJA DE INSPECCIÓN SANITARIA EN MAMPOSTERÍA (60X60X30 CM)	<b>UN</b>	1	1	337,490.00	337,490.00	337,490.00
<b>3</b>	<b>RED HIDRÁULICA POTABLE</b>					<b>2,615,685.00</b>	<b>2,446,650.00</b>
<b>3.1</b>	<b>TUBERÍA</b>					<b>1,943,051.00</b>	<b>1,729,713.00</b>
	TUBERIA HIDRÁULICA RDE 21 PVC DE Ø 1/2" PAVCO	<b>M</b>	66	65	8,423.00	555,918.00	547,495.00
	TUBERIA HIDRÁULICA RDE 21 PVC DE Ø 3/4" PAVCO	<b>M</b>	10	25	9,913.00	99,130.00	247,825.00
	TUBERIA HIDRÁULICA RDE 21 PVC DE Ø 1" PAVCO	<b>M</b>	1	0	11,943.00	11,943.00	0.00
	TUBERIA HIDRÁULICA RDE 21 PVC DE Ø 1 1/4" PAVCO	<b>M</b>	10	0	12,827.00	128,270.00	0.00
	TUBERIA HIDRÁULICA RDE 21 PVC DE Ø 1 1/2" PAVCO			2	14,516.00	0.00	29,032.00

TUBERIA HIDRÁULICA DE AGUA CALIENTE RDE 11 CPVC DE Ø 1/2" M PAVCO	22	31	11,755.00	258,610.00	364,405.00
TUBERIA HIDRÁULICA DE AGUA CALIENTE RDE 11 CPVC DE Ø 3/4" M PAVCO	10	13	41,612.00	416,120.00	540,956.00
TUBERIA HIDRÁULICA DE AGUA CALIENTE RDE 11 CPVC DE Ø 1" M PAVCO	7	0	67,580.00	473,060.00	0.00

### 3.2 ACCESORIOS

**672,634.00 716,937.00**

BUJES SOLDADOS PVC 1 1/2"Ø-1/2"Ø PAVCO	UN	1	0	5,233.00	5,233.00	0.00
BUJES SOLDADOS PVC 1 1/2"Ø-3/4"Ø PAVCO	UN	0	2	5,233.00	0.00	10,466.00
BUJES SOLDADOS PVC 1 1/4"Ø-1"Ø PAVCO	UN	1	0	4,085.00	4,085.00	0.00
BUJES SOLDADOS PVC 1 1/4"Ø-1/2"Ø PAVCO	UN	3	0	4,085.00	12,255.00	0.00
BUJES SOLDADOS PVC 1 1/4"Ø-3/4"Ø PAVCO	UN	2	0	4,085.00	8,170.00	0.00

BUJES PAVCO	SOLDADOS PVC	1"Ø-1/2"Ø	UN	2	0	3,072.00	6,144.00	0.00
BUJES PAVCO	SOLDADOS PVC	1"Ø-1/4"Ø	UN	2	0	3,072.00	6,144.00	0.00
BUJES PAVCO	SOLDADOS PVC	1"Ø-3/4"Ø	UN	1	0	3,072.00	3,072.00	0.00
BUJES PAVCO	SOLDADOS PVC	2"Ø-3/4"Ø	UN	1	0	6,958.00	6,958.00	0.00
BUJES PAVCO	SOLDADOS PVC	3/4"Ø-1/2"Ø	UN	4	10	2,523.00	10,092.00	25,230.00
BUJES PAVCO	SOLDADOS PVC	3/4"Ø-1/4"Ø	UN	2	0	2,523.00	5,046.00	0.00
BUJES PAVCO	SOLDADOS CPVC	1"Ø-1/2"Ø	UN	2	0	3,072.00	6,144.00	0.00
BUJES PAVCO	SOLDADOS CPVC	1"Ø-3/4"Ø	UN	3	1	3,072.00	9,216.00	3,072.00
BUJES PAVCO	SOLDADOS CPVC	3/4"Ø-1/2"Ø	UN	3	5	2,523.00	7,569.00	12,615.00
CODO	PVC 90° Ø=1/2" PAVCO		UN	60	68	3,895.00	233,700.00	264,860.00
CODO	PVC 90° Ø=3/4" PAVCO		UN	5	8	4,760.00	23,800.00	38,080.00
CODO	PVC 90° Ø=1" PAVCO		UN	0	0	5,744.00	0.00	0.00
CODO	PVC 90° Ø=1 1/2" PAVCO		UN	0	2	7,395.00	0.00	14,790.00

CODO CPVC 90° Ø=1/2" PAVCO	UN	24	32	4,854.00	116,496.00	155,328.00
CODO CPVC 90° Ø=3/4" PAVCO	UN	6	6	6,075.00	36,450.00	36,450.00
CODO CPVC 90° Ø=1" PAVCO	UN	2	1	10,321.00	20,642.00	10,321.00
TEE PVC Ø=1/2" PAVCO	UN	7	12	4,095.00	28,665.00	49,140.00
TEE PVC Ø=3/4" PAVCO	UN	1	6	5,179.00	5,179.00	31,074.00
TEE PVC Ø=1" PAVCO	UN	4	0	6,515.00	26,060.00	0.00
TEE PVC Ø=1 1/2" PAVCO		0	1	12,100.00	0.00	12,100.00
TEE PVC Ø=1 1/4" PAVCO	UN	5	0	7,420.00	37,100.00	0.00
TEE CPVC ULTRATEMP D= 1/2" PAVCO	UN	3	4	5,349.00	16,047.00	21,396.00
TEE CPVC ULTRATEMP D= 3/4" PAVCO	UN	2	4	6,520.00	13,040.00	26,080.00
TEE CPVC ULTRATEMP D= 1" PAVCO	UN	2	0	9,696.00	19,392.00	0.00
TAPON ROSCADO DE Ø=1/2" PAVCO	UN	1	1	1,635.00	1,635.00	1,635.00
TAPON ROSCADO DE Ø=3/4" PAVCO	UN	0	0	2,583.00	0.00	0.00
TAPON ROSCADO DE Ø=1" PAVCO	UN	0	0	3,190.00	0.00	0.00
TAPON ROSCADO DE Ø=1 1/4" PAVCO	UN	0	0	4,300.00	0.00	0.00
VÁLVULA DE BOLA Ø=1/2"	UN	1	1	4,300.00	4,300.00	4,300.00

---

<b>4</b>	<b>RED AGUAS GRISAS RECOLECCIÓN</b>				<b>684,984.00</b>	<b>0.00</b>
----------	-------------------------------------	--	--	--	-------------------	-------------

---

**4.1 TUBERÍA 543,431.00 0.00**

TUBERÍA SANITARIA EN PVC DE M 29 0 18,739.00 543,431.00 0.00  
 DIÁMETRO 2" PAVCO

**4.2 ACCESORIOS 141,553.00 0.00**

CODO SANITARIA PVC 45° Ø=2" UN 4 0 7,051.00 28,204.00 0.00

CODO SANITARIA PVC 90° Ø=2" UN 9 0 6,495.00 58,455.00 0.00

YEE SANITARIA PVC Ø=2" UN 1 0 12,743.00 12,743.00 0.00

TEE SANITARIA PVC Ø=2" UN 3 0 12,181.00 36,543.00 0.00

TAPON PRUEBAS SANITARIAS DE PVC UN 4 0 1,402.00 5,608.00 0.00  
 Ø=2"

---

**5 RED AGUAS GRISES TRATADA 499,958.00 0.00**

---

**5.1 TUBERÍA 341,581.00 0.00**

TUBERIA HIDRÁULICA RDE 21 PVC DE M 21 0 8,423.00 176,883.00 0.00  
 Ø 1/2" PAVCO

TUBERIA HIDRÁULICA RDE 21 PVC DE Ø 3/4" PAVCO	<b>M</b>	13	0	9,913.00	128,869.00	0.00
TUBERIA HIDRÁULICA RDE 21 PVC DE Ø 1" PAVCO	<b>M</b>	3	0	11,943.00	35,829.00	0.00

## 5.2 ACCESORIOS

**158,377.00 0.00**

-						
BUJES SOLDADOS PVC 1"Ø-1/2"Ø PAVCO	<b>UN</b>	1	0	3,072.00	3,072.00	0.00
BUJES SOLDADOS PVC 1"Ø-1/4"Ø PAVCO	<b>UN</b>	2	0	3,072.00	6,144.00	0.00
BUJES SOLDADOS PVC 1"Ø-3/4"Ø PAVCO	<b>UN</b>	1	0	3,072.00	3,072.00	0.00
BUJES SOLDADOS PVC 3/4"Ø-1/2"Ø PAVCO	<b>UN</b>	6	0	2,523.00	15,138.00	0.00
CODO PVC 90° Ø=1/2" PAVCO	<b>UN</b>	20	0	3,895.00	77,900.00	0.00
CODO PVC 90° Ø=3/4" PAVCO	<b>UN</b>	2	0	4,760.00	9,520.00	0.00
CODO PVC 90° Ø=1" PAVCO	<b>UN</b>	2	0	5,744.00	11,488.00	0.00
TEE PVC Ø=1/2" PAVCO	<b>UN</b>	0	0	4,095.00	0.00	0.00
TEE PVC Ø=3/4" PAVCO	<b>UN</b>	3	0	5,179.00	15,537.00	0.00
TEE PVC Ø=1" PAVCO	<b>UN</b>	1	0	6,515.00	6,515.00	0.00

TAPON ROSCADO DE Ø=1/2" PAVCO	UN	1	0	1,635.00	1,635.00	0.00
TAPON ROSCADO DE Ø=3/4" PAVCO	UN	2	0	2,583.00	5,166.00	0.00
TAPON ROSCADO DE Ø=1" PAVCO	UN	1	0	3,190.00	3,190.00	0.00
<b>6 RED AGUAS LLUVIA RECOLECCIÓN</b>					<b>2,217,898.60</b>	<b>1,749,925.80</b>
<b>6.1 TUBERÍA</b>					<b>2,105,746.00</b>	<b>1,615,646.00</b>
TUBERÍA SANITARIA EN PVC DE DIÁMETRO 3" PAVCO	M	21	21	29,226.00	613,746.00	613,746.00
TUBERÍA SANITARIA EN PVC DE DIÁMETRO 4" PAVCO	M	20	7	37,700.00	754,000.00	263,900.00
CANAL REINGO 5" PVC PAVCP		20	20	36,900.00	738,000.00	738,000.00
<b>6.2 ACCESORIOS</b>					<b>112,152.60</b>	<b>134,279.80</b>
CODO SANITARIA PVC 45° Ø=3"	UN	0	2	13,916.00	0.00	27,832.00
CODO SANITARIA PVC 45° Ø=4"	UN	0	0	14,751.00	0.00	0.00

CODO SANITARIA PVC 90° Ø=3"	UN	8	9	9,672.00	77,376.00	87,048.00
CODO SANITARIA PVC 90° Ø=4"	UN	0	0	19,170.00	0.00	0.00
YEE SANITARIA PVC Ø=4"	UN	0	0	27,000.00	0.00	0.00
TEE PVC Ø=3" PAVCO	UN	2	1	15,376.80	30,753.60	15,376.80
TAPON PRUEBAS SANITARIAS DE PVC Ø=3"	UN	2	2	2,011.50	4,023.00	4,023.00
TAPON PRUEBAS SANITARIAS DE PVC Ø=4"	UN	0	0	2,682.00	0.00	0.00
<b>7 RED AGUAS LLUVIA TRATADA</b>					<b>346,377.00</b>	<b>0.00</b>
<b>7.1 TUBERÍA</b>					<b>223,985.00</b>	<b>0.00</b>
TUBERIA HIDRÁULICA RDE 21 PVC DE Ø 1/2" PAVCO	M	16	0	8,423.00	134,768.00	0.00
TUBERIA HIDRÁULICA RDE 21 PVC DE Ø 3/4" PAVCO	M	9	0	9,913.00	89,217.00	0.00
<b>7.2 ACCESORIOS</b>					<b>122,392.00</b>	<b>0.00</b>
-						

BUJES SOLDADOS PVC 1 1/2"Ø-3/4"Ø PAVCO	UN	1	0	5,233.00	5,233.00	0.00
BUJES SOLDADOS PVC 1 1/4"Ø-1"Ø PAVCO	UN	1	0	4,085.00	4,085.00	0.00
BUJES SOLDADOS PVC 2"Ø-1 1/4"Ø PAVCO	UN	1	0	6,958.00	6,958.00	0.00
BUJES SOLDADOS PVC 3/4"Ø-1/2"Ø PAVCO	UN	2	0	2,523.00	5,046.00	0.00
BUJES SOLDADOS PVC 3/4"Ø-1/4"Ø PAVCO	UN	2	0	2,523.00	5,046.00	0.00
CODO PVC 90° Ø=1/2" PAVCO	UN	9	0	3,895.00	35,055.00	0.00
CODO PVC 90° Ø=3/4" PAVCO	UN	8	0	4,760.00	38,080.00	0.00
TEE PVC Ø=1/2" PAVCO	UN	1	0	4,095.00	4,095.00	0.00
TEE PVC Ø=3/4" PAVCO	UN	2	0	5,179.00	10,358.00	0.00
TAPON ROSCADO DE Ø=1/2" PAVCO	UN	2	0	1,635.00	3,270.00	0.00
TAPON ROSCADO DE Ø=3/4" PAVCO	UN	2	0	2,583.00	5,166.00	0.00

---

<b>8</b>	<b>PUNTOS APARATOS HIDRÁULICOS Y SANITARIOS</b>				<b>9,105,292.00</b>	<b>8,997,928.00</b>
----------	---	--	--	--	---------------------	---------------------

---

**8.1 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MOVILIARIO HIDRO-SANITARIO** **6,585,123.00 6,477,759.00**

APARATO SANITARIO (INCLUYE INSTALACIÓN)	UN	5	5	289,250.00	1,446,250.00	1,446,250.00
DUCHA Y REGADERA (INCLUYE GRIFERÍA E INSTALACIÓN)	UN	4	4	94,838.00	379,352.00	379,352.00
LAVAMANOS (INCLUYE INSTALACIÓN)	UN	6	6	78,780.00	472,680.00	472,680.00
LAVAPLATOS (INCLUYE GRIFERÍA E INSTALACIÓN)	UN	1	1	108,760.00	108,760.00	108,760.00
LAVADORA14 KG(INCLUYE INSTALACIÓN)	UN	1	1	1,350,000.00	1,350,000.00	1,350,000.00
LAVADERO EN GRANITO PULIDO (70 X 55 X 22 CM)	UN	1	1	176,417.00	176,417.00	176,417.00
LAVAVAJILLAS (INCLUYE INSTALACIÓN)	UN	1	1	1,570,000.00	1,570,000.00	1,570,000.00
JUEGO ACCESORIOS BAÑO X 7 (INCLUYE INSTALACIÓN)	UN	5	5	78,860.00	394,300.00	394,300.00
CALENTADOR DE PASO GAS NATURAL 10 L (INCLUYE INSTALACIÓN)	UN	1	1	580,000.00	580,000.00	580,000.00
LLAVE MANGUERA (INCLUYE INSTALACIÓN)	UN	2	0	53,682.00	107,364.00	0.00

8.2 PUNTOS SANITARIOS (INCLUYEN SIFÓN)						1,559,907.00	1,559,907.00
SALIDA SANITARIA PARA INODOROS D= 1/2"	UN	5	5	84,433.00	422,165.00	422,165.00	
SALIDA SANITARIA PARA LAVAMANOS D= 1/2"	UN	6	6	57,780.00	346,680.00	346,680.00	
SALIDA SANITARIA PARA DUCHAS Y TINAS D= 1/2" (INCLUYE SIFÓN)	UN	4	4	57,337.00	229,348.00	229,348.00	
SALIDA SANITARIA PARA LAVADORAS D= 1/2"	UN	1	1	65,930.00	65,930.00	65,930.00	
SALIDA SANITARIA PARA LAVADEROS D= 1/2"	UN	1	1	86,520.00	86,520.00	86,520.00	
SALIDA SANITARIA PARA LAVAPLATOS D= 1/2"	UN	1	1	42,671.00	42,671.00	42,671.00	
SALIDA SANITARIA PARA LAVAVAJILLAS D= 1/2"	UN	1	1	42,671.00	42,671.00	42,671.00	
SALIDA SANITARIA SIFÓN DE PISO D=2"	UN	6	6	53,987.00	323,922.00	323,922.00	

### 8.3 PUNTOS HIDRÁULICOS

**960,262.00 960,262.00**

PUNTO HIDRÁULICO PARA INODOROS D= 1/2"	UN	5	5	22,756.00	113,780.00	113,780.00
PUNTO HIDRÁULICO PARA LAVAMANOS D= 1/2"	UN	6	6	46,216.00	277,296.00	277,296.00
PUNTO HIDRÁULICO PARA DUCHAS Y TINAS D= 1/2"	UN	4	4	78,975.00	315,900.00	315,900.00
PUNTO HIDRÁULICO PARA LAVADORAS D= 1/2"	UN	1	1	65,951.00	65,951.00	65,951.00
PUNTO HIDRÁULICO PARA LAVADEROS D= 1/2"	UN	1	1	32,147.00	32,147.00	32,147.00
PUNTO HIDRÁULICO PARA LAVAPLATOS D= 1/2"	UN	1	1	46,216.00	46,216.00	46,216.00
PUNTO HIDRÁULICO PARA LAVAVAJILLAS D= 1/2"	UN	1	1	46,216.00	46,216.00	46,216.00
PUNTO HIDRÁULICO PARA CALENTADOR D= 1/2"	UN	1	1	62,756.00	62,756.00	62,756.00

<b>9</b>	<b>PRUEBAS, SUPERVISIÓN Y ACOMETIDAS</b>					<b>604,133.00</b>	<b>568,201.00</b>
	ACOMETIDA 1 1/4 " ( 45 x 45 x 30)	<b>UN</b>	1	1	63,598.00	63,598.00	63,598.00
	PRUEBA DE ESTANQUIEDAD HIDRÁULICA POR PISO	<b>UN</b>	3	3	35,932.00	107,796.00	107,796.00
	PRUEBA DE ESTANQUEIDAD SANITARIA	<b>UN</b>	3	2	35,932.00	107,796.00	71,864.00
	CAJA DE INSPECCIÓN SANITARIA EN MAMPOSTERÍA (60X60X30 CM)	<b>UN</b>	1	1	324,943.00	324,943.00	324,943.00
<b>10</b>	<b>CUARTO DE MÁQUINAS</b>					<b>6,156,672.77</b>	<b>0.00</b>

**10.1 EXCAVACIÓN** **458,195.76 0.00**

	EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL COMÚN	<b>M3</b>	9.21	0	34,330.00	316,101.85	0.00
	CARGUE, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE MATERIAL SOBLENTE DE EXCAVACIÓN	<b>M3</b>	9.21	0	15,432.00	142,093.91	0.00

**10.2 ESTRUCTURA****1,508,187.47 0.00**

CONCRETO CICLÓPEO DE 3000 PSI 40% PIEDRA	<b>M3</b>	0.38	0	254,600.00	97,766.40	0.00
CONCRETO DE LIMPIEZA DE 2000 PSI (e=5cm)	<b>M2</b>	5.82	0	14,733.00	85,804.99	0.00
MUROS EN CONCRETO DE 3000 PSI (INCLUYE ACERO DE REFUERZO)	<b>M3</b>	2.03	0	628,603.00	1,272,921.08	0.00
DADO EN CONCRETO PARA AISLAMIENTO BOMBAS	<b>M3</b>	0.18	0	295,400.00	51,695.00	0.00

**10.3 ACCESORIOS****413,513.00 0.00**

VÁLVULA DE RETENCIÓN D= 1/2"	<b>UN</b>	1	0	19,555.00	19,555.00	0.00
VÁLVULA DE RETENCIÓN D= 3/4"	<b>UN</b>	1	0	22,155.00	22,155.00	0.00
VÁLVULA DE RETENCIÓN D= 1"	<b>UN</b>	1	0	28,305.00	28,305.00	0.00
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 1/2"	<b>UN</b>	1	0	19,955.00	19,955.00	0.00
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 3/4"	<b>UN</b>	1	0	26,405.00	26,405.00	0.00
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 1"	<b>UN</b>	1	0	31,205.00	31,205.00	0.00

VÁLVULA DE COMPUERTA D= 1 1/4"	UN	1	0	41,355.00	41,355.00	0.00
VÁLVULA DE COMPUERTA D= 1 1/2"	UN	1	0	44,705.00	44,705.00	0.00
VÁLVULA DE PIE D= 3/4"	UN	1	0	21,155.00	21,155.00	0.00
VÁLVULA DE PIE D= 1"	UN	1	0	32,155.00	32,155.00	0.00
VÁLVULA DE PIE D= 1 1/4"	UN	1	0	45,105.00	45,105.00	0.00
VÁLVULA DE BOLA D= 1 1/4"	UN	1	0	43,057.00	43,057.00	0.00
VÁLVULA DE BOLA D= 1 1/2"	UN	1	0	38,401.00	38,401.00	0.00
<b>10.4 BOMBAS, TANQUES Y ACCESORIOS ELECTRÓNICOS</b>					<b>2,796,762.00</b>	<b>0.00</b>
BOMBA HIDRÁULICA CENTRIFUGA HORIZONTAL 1/4 HP	UN	1	0	210,000.00	210,000.00	0.00
BOMBA HIDRÁULICA CENTRIFUGA HORIZONTAL 1/2 HP	UN	1	0	340,000.00	340,000.00	0.00
TANQUE HIDRONEUMÁTICO 40 LTS (INCLUYE PRESOSTATO Y CONTACTOR)	UN	2	0	105,000.00	210,000.00	0.00
TANQUE HIDRONEUMÁTICO 60 LTS (INCLUYE PRESOSTATO Y CONTACTOR)	UN	1	0	196,000.00	196,000.00	0.00

TANQUE BOTELLA TAPA ROSCA 1100 L PAVCO (AGUAS LLUVIA)	UN	2	0	410,300.00	820,600.00	0.00
TANQUE BOTELLA TAPA ROSCA 300 L PAVCO (AGUAS GRISES)	UN	2	0	133,181.00	266,362.00	0.00
VÁLVULA ELECTRÓNICA DE BOLA (24VAC/DC) (ACCIÓN: 7-20mA)	UN	5	0	53,800.00	215,200.00	0.00
SWITCH FLOTADOR ELECTRÓNICO DE 15A Y 110-220V	UN	4	0	68,000.00	272,000.00	0.00
FUENTE DE ALIMENTACIÓN CONSTANTE PARA FLOTADOR (110-220V Y 450MA)	UN	1	0	65,000.00	65,000.00	0.00
INSTALACIÓN DE EQUIPOS (INCLUYE CABLEADO, TABLERO, TANQUES Y BOMBAS)	GLB	1	0	201,600.00	201,600.00	0.00

#### 10.5 SISTEMAS DE TRATAMIENTO

**980,014.55 0.00**

TANQUE POLIETILENO ALTA DENSIDAD TIPO CANECA 55 GAL (FILTRO LENTO)	UN	2	0	120,000.00	240,000.00	0.00
BULTO (40 KG) GRAVA COMÚN PRE SELECCIONADA (TAMAÑO: 20MM)	UN	2	0	10,000.00	20,000.00	0.00

BULTO (40 KG) ARENA LAVADA DE RÍO PRE SELECCIONADA (TAMAÑO: 0.7-1.2 MM)	UN	4	0	9,000.00	36,000.00	0.00
BULTO (40 KG) ARENA DE PEÑA PRE SELECCIONADA (TAMAÑO: 0.3-0.45 MM)	UN	6	0	9,000.00	54,000.00	0.00
TRAMPA DE GRASAS EN CONCRETO REFORZADO DE 3000PSI	UN	1	0	106,875.00	106,875.00	0.00
TUBERÍAS Y ACCESORIOS PARA TRAMPA DE GRASAS	UN	1	0	31,539.55	31,539.55	0.00
FILTRO DE HOJAS CONCÉNTRICO PARA BAJANTE AGUAS LLUVIA	UN	2	0	94,000.00	188,000.00	0.00
MALLA ANTIPLAGAS PARA COBERTURA DE BAJANTES Y CONEXIONES (2x2M)	UN	1	0	21,500.00	21,500.00	0.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DISPOSITIVO DESVIADOR DE PRIMER FLUJO	UN	1	0	75,600.00	75,600.00	0.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO AUTILIMPIANTE (BAJANTE AGUAS LLUVIAS)	UN	1	0	178,000.00	178,000.00	0.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FILTRO GRUESO DE 200 MICRONES	UN	1	0	28,500.00	28,500.00	0.00

<b>11</b>	<b>DISEÑO RED HIDROSANITARIA Y DE TRATAMIENTO</b>					<b>6,000,000.00</b>	<b>2,000,000.00</b>
	DISEÑO REDES HIDRÁULICAS, SANITARIAS Y PLUVIALES	<b>GLB</b>	1	1		2,000,000.00	2,000,000.00 2,000,000.00
	DISEÑO DEL SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS	<b>GLB</b>	1	0		4,000,000.00	4,000,000.00 0.00

<b>TOTAL</b>	<b>\$ 32,953,317</b>	<b>\$ 20,772,043</b>
<b>AIU (8%)</b>	<b>\$ 2,636,265</b>	<b>\$ 1,661,763</b>
<b>Inversión</b>	<b>Red Nueva</b>	<b>Red Original</b>
	<b>\$ 35,589,583</b>	<b>\$ 22,433,806</b>

### Anexo W. Proyección económica.

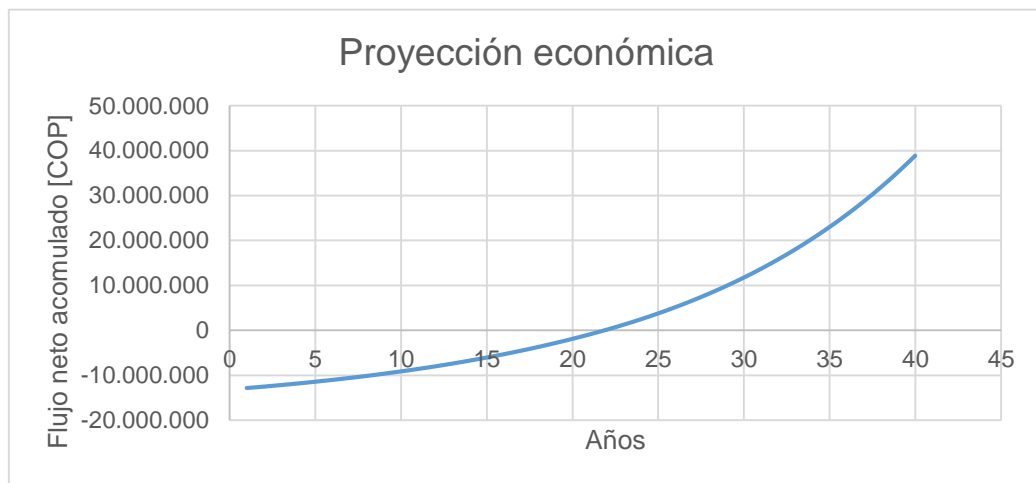
AÑO	Ingresos [COP]		Egresos [COP]		Flujo neto [COP]	Flujo neto acumulado [COP]
	Acueducto	Alcantarillado	Energía	Mantenimiento		
<b>0</b>					- 13,155,777	
<b>1</b>	319,309	203,194	12,449	206,370	303,685	-12,852,091
<b>2</b>	338,625	211,422	13,071	214,726	322,249	-12,529,842
<b>3</b>	359,108	219,982	13,724	223,421	341,946	-12,187,896
<b>4</b>	380,831	228,890	14,411	232,467	362,843	-11,825,053
<b>5</b>	403,868	238,158	15,131	241,880	385,014	-11,440,039
<b>6</b>	428,298	247,801	15,888	251,674	408,538	-11,031,501
<b>7</b>	454,206	257,835	16,682	261,864	433,495	-10,598,007
<b>8</b>	481,682	268,275	17,516	272,467	459,973	-10,138,034
<b>9</b>	510,819	279,137	18,392	283,500	488,064	-9,649,970
<b>10</b>	541,719	290,440	19,312	294,979	517,868	-9,132,102
<b>11</b>	574,488	302,200	20,277	306,923	549,488	-8,582,614
<b>12</b>	609,239	314,436	21,291	319,351	583,034	-7,999,580
<b>13</b>	646,093	327,168	22,356	332,281	618,624	-7,380,956
<b>14</b>	685,176	340,415	23,474	345,736	656,382	-6,724,575
<b>15</b>	726,622	354,199	24,647	359,735	696,440	-6,028,135
<b>16</b>	770,577	368,541	25,880	374,301	738,937	-5,289,198
<b>17</b>	817,189	383,464	27,174	389,457	784,023	-4,505,175
<b>18</b>	866,622	398,990	28,532	405,226	831,854	-3,673,321
<b>19</b>	919,045	415,146	29,959	421,634	882,598	-2,790,724
<b>20</b>	974,639	431,956	31,457	438,707	936,431	-1,854,293

<b>21</b>	1,033,595	449,446	33,030	456,470	993,541	-860,752
<b>22</b>	1,096,118	467,644	34,681	474,953	1,054,129	193,377
<b>23</b>	1,173,385	486,580	36,415	494,184	1,129,365	1,322,742
<b>24</b>	1,256,098	506,282	38,236	514,194	1,209,949	2,532,691
<b>25</b>	1,344,641	526,781	40,148	535,014	1,296,261	3,828,951
<b>26</b>	1,439,426	548,111	42,155	556,678	1,388,705	5,217,656
<b>27</b>	1,540,893	570,305	44,263	579,218	1,487,717	6,705,373
<b>28</b>	1,649,512	593,397	46,476	602,671	1,593,761	8,299,134
<b>29</b>	1,765,787	617,424	48,800	627,074	1,707,338	10,006,472
<b>30</b>	1,890,259	642,424	51,240	652,465	1,828,979	11,835,451
<b>31</b>	2,023,505	668,437	53,802	678,884	1,959,257	13,794,707
<b>32</b>	2,166,144	695,502	56,492	706,372	2,098,782	15,893,490
<b>33</b>	2,318,837	723,664	59,316	734,974	2,248,211	18,141,700
<b>34</b>	2,482,294	752,966	62,282	764,734	2,408,244	20,549,944
<b>35</b>	2,657,273	783,454	65,396	795,698	2,579,633	23,129,577
<b>36</b>	2,844,587	815,177	68,666	827,917	2,763,181	25,892,758
<b>37</b>	3,045,105	848,184	72,099	861,440	2,959,749	28,852,507
<b>38</b>	3,259,757	882,527	75,704	896,320	3,170,259	32,022,766
<b>39</b>	3,489,540	918,262	79,490	932,613	3,395,699	35,418,465
<b>40</b>	3,735,521	955,443	83,464	970,376	3,637,124	39,055,589
<b>41</b>	3,998,841	994,130	87,637	1,009,667	3,895,667	42,951,256
<b>42</b>	4,280,723	1,034,383	92,019	1,050,549	4,172,538	47,123,794
<b>43</b>	4,582,475	1,076,266	96,620	1,093,087	4,469,034	51,592,828
<b>44</b>	4,905,498	1,119,845	101,451	1,137,347	4,786,545	56,379,373
<b>45</b>	5,251,291	1,165,189	106,524	1,183,399	5,126,557	61,505,929
<b>46</b>	5,621,459	1,212,368	111,850	1,231,316	5,490,661	66,996,591
<b>47</b>	6,017,721	1,261,458	117,442	1,281,173	5,880,563	72,877,154

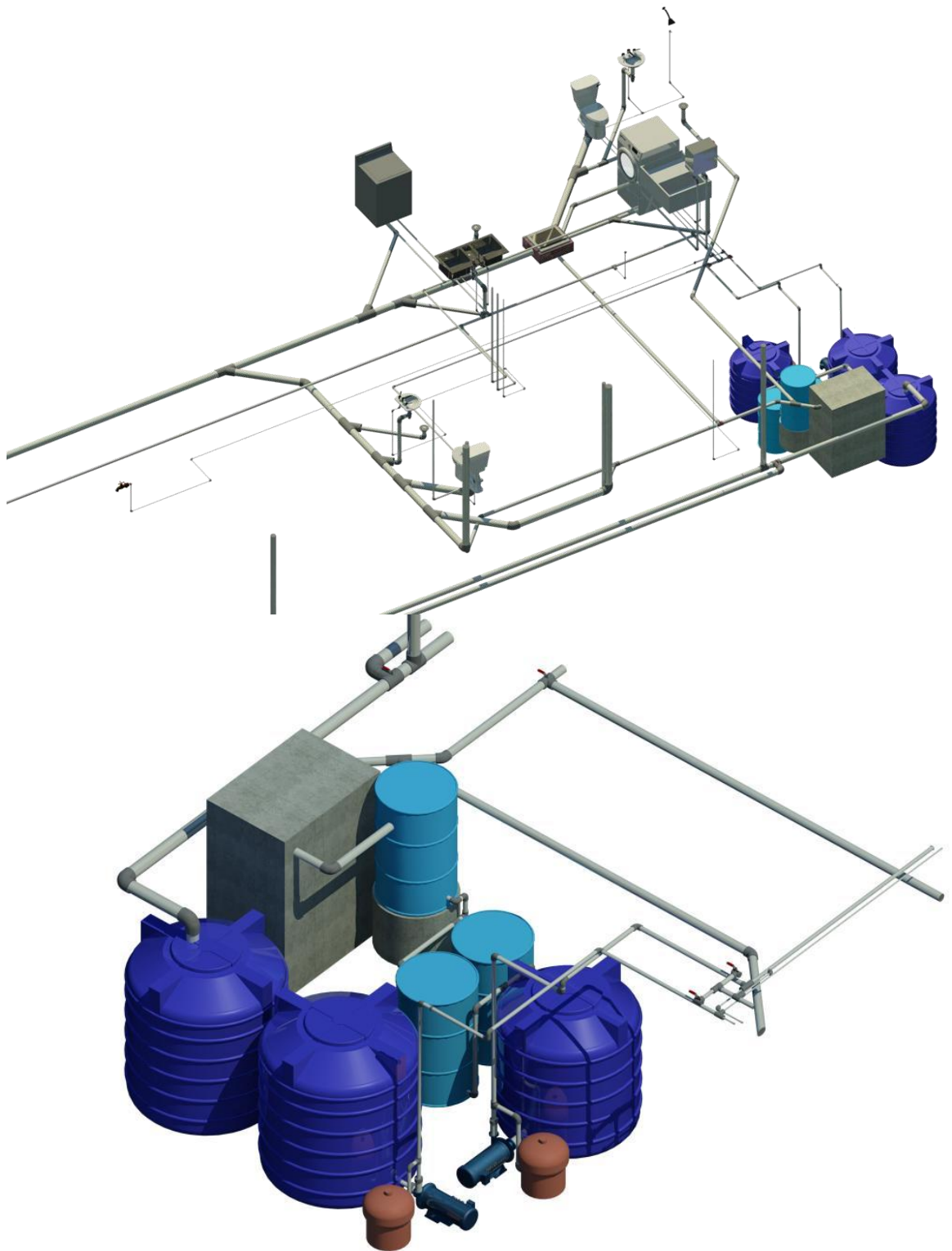
<b>48</b>	6,441,916	1,312,536	123,315	1,333,049	6,298,088	79,175,242
<b>49</b>	6,896,012	1,365,682	129,480	1,387,026	6,745,188	85,920,430
<b>50</b>	7,382,118	1,420,979	135,954	1,443,188	7,223,956	93,144,385

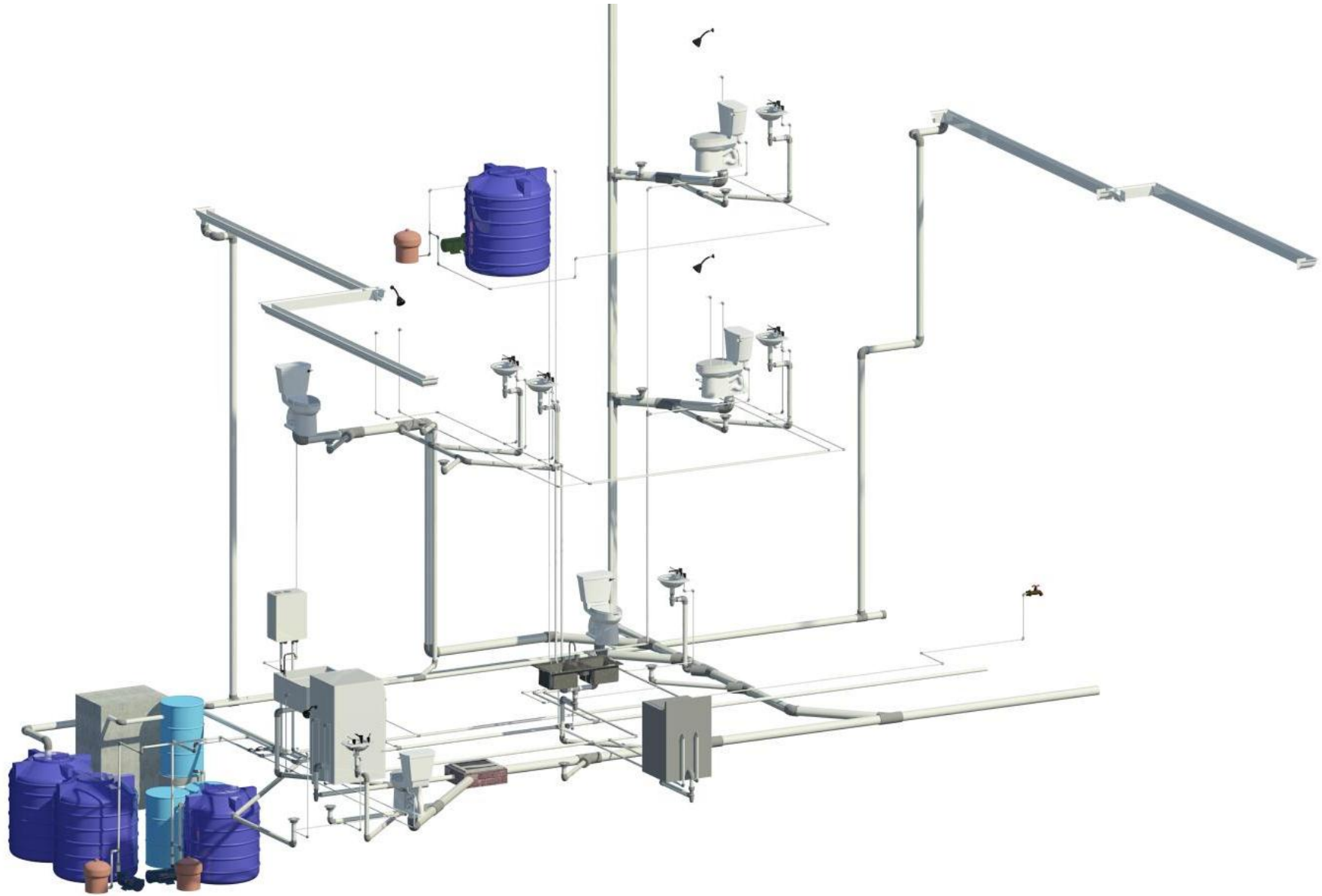
**Valores calculados a los 50 años de funcionamiento del sistema**

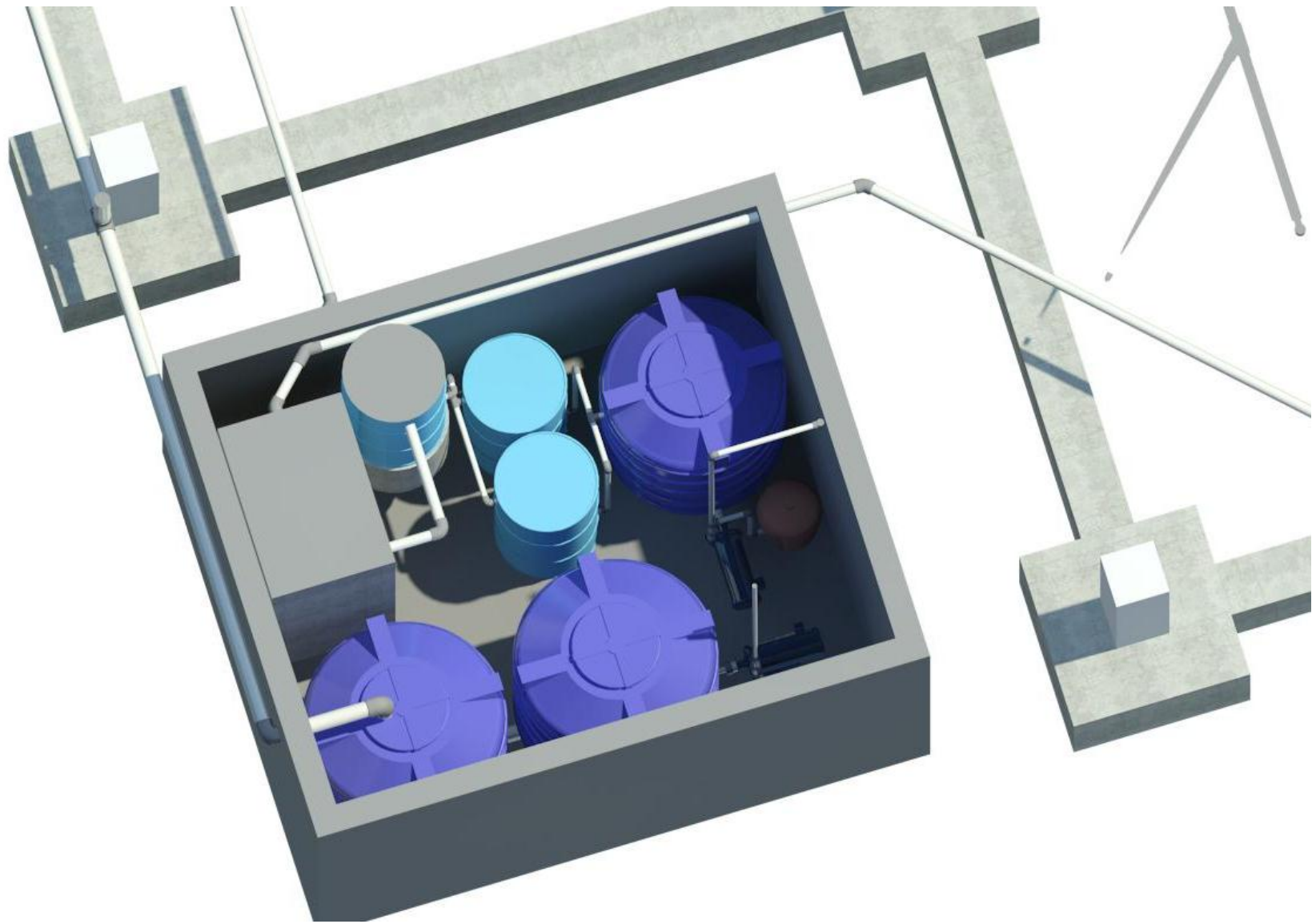
TIR	6.78%
VPN	\$ 14,111,605.26
B/C	2.07



**Anexo X. Imágenes en 3D a partir del modelo de Revit. (Renders) (Creación propia).**

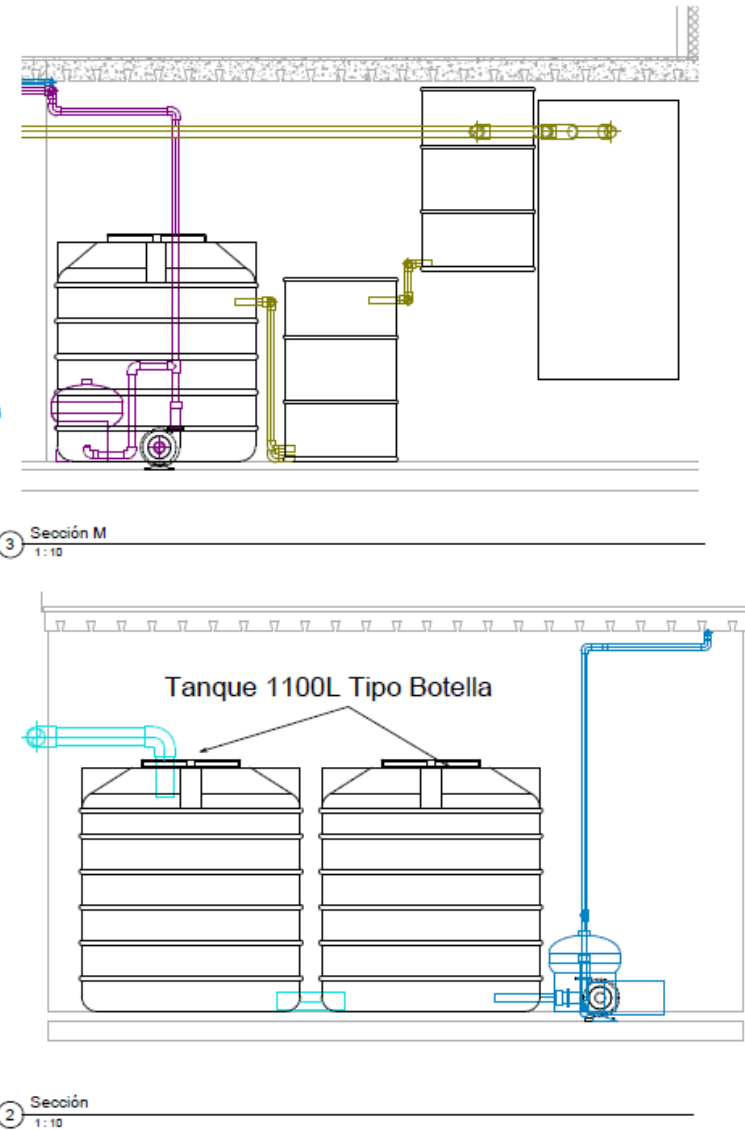
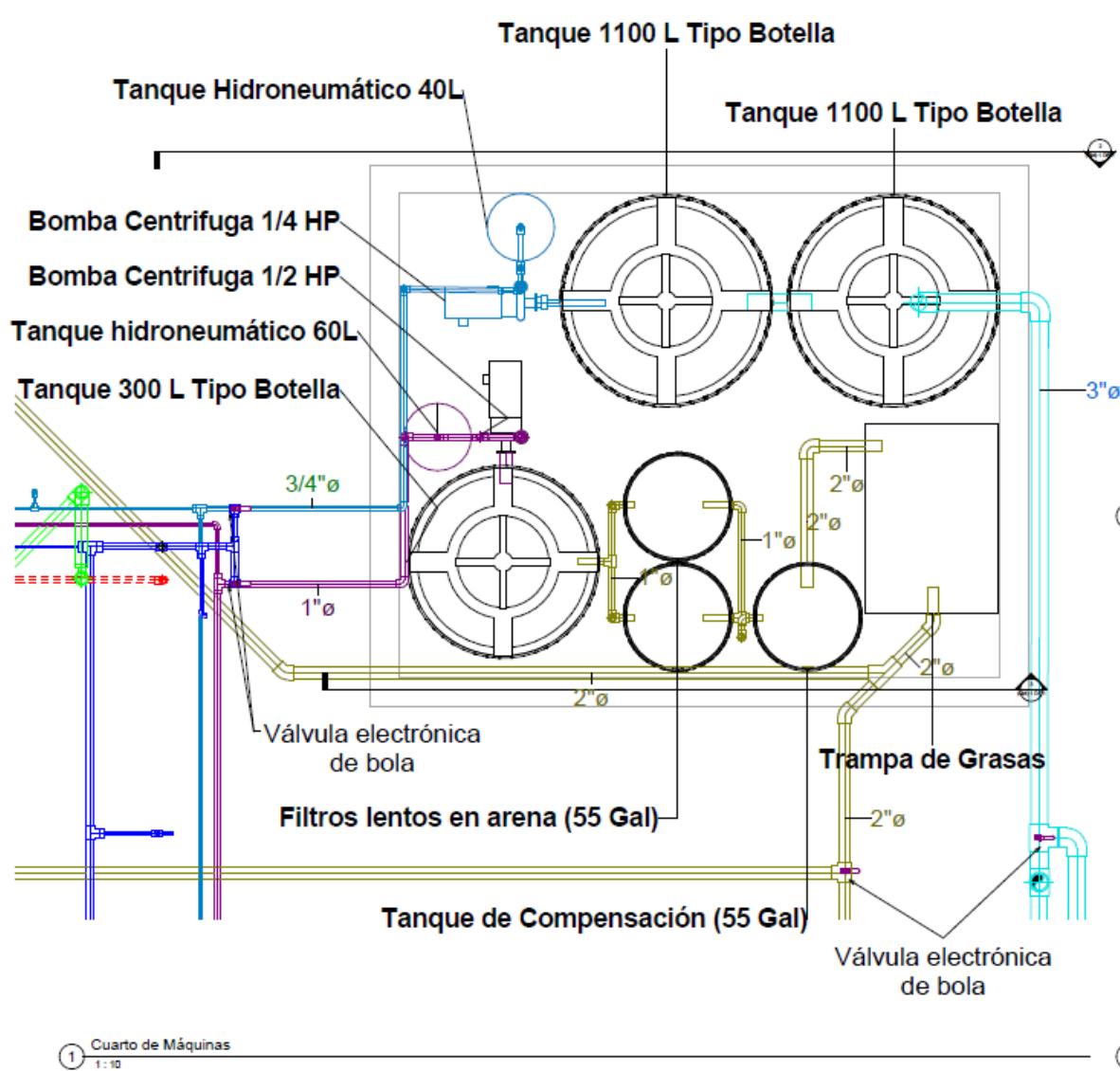












Universidad  
Industrial de  
Santander

ESCUELA DE  
**INGENIERIA**  
*Civil*

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN  
DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL  
CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Cuarto de Máquinas

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:10
PLANO No.	(CM) 1 DE 1

BAN. Bajante Aguas Negras  
 BAG. Bajante Aguas Grises  
 BAL. Bajante Aguas Lluvia



① East  
 1:25



Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERIA Civil

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Vista Lateral Casa

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

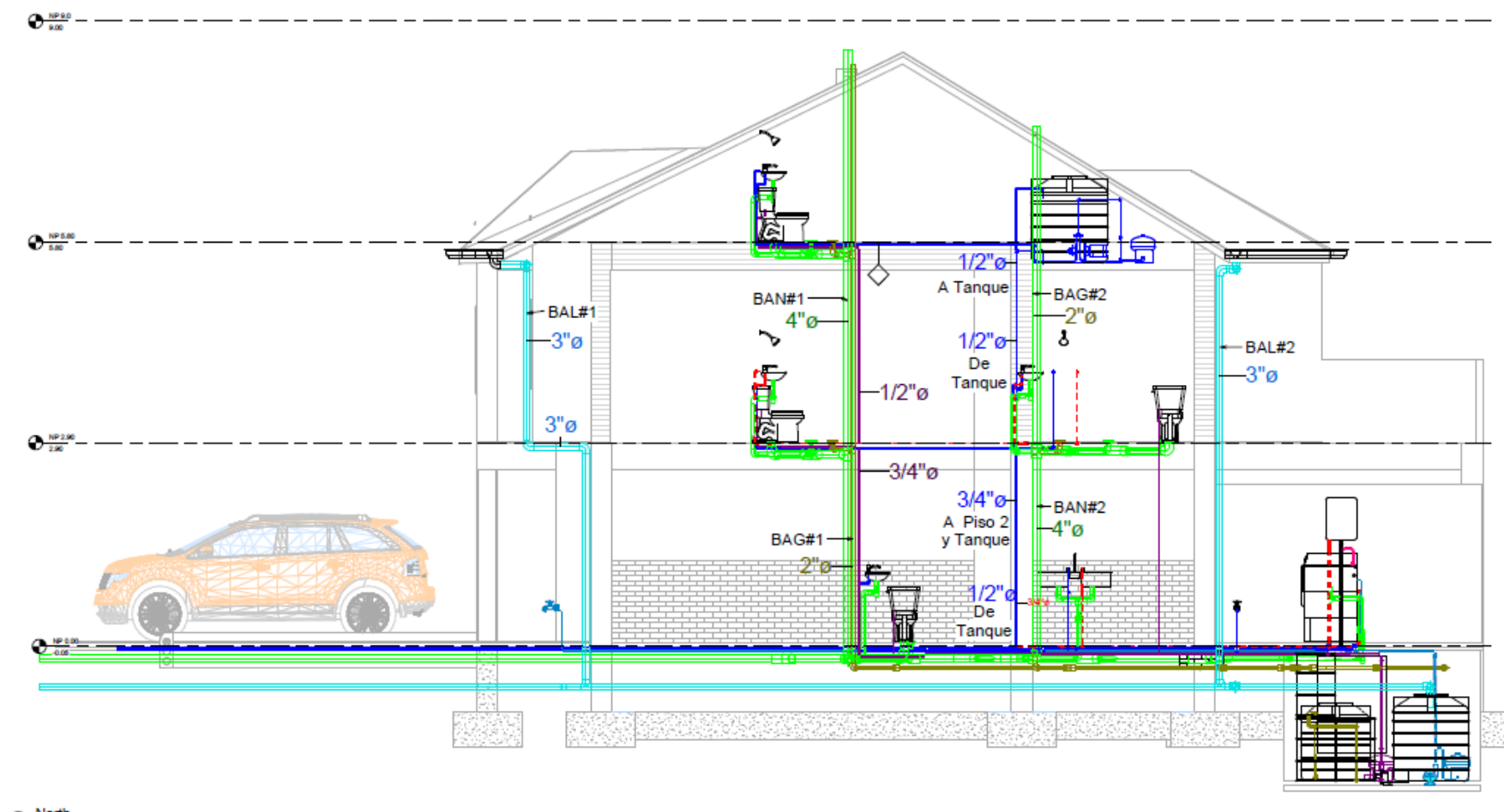
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
 Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
 PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:25
PLANO No.	(G) 1 DE 2

BAN. Bajante Aguas Negras  
 BAG. Bajane Aguas Grises  
 BAL. Bajante Aguas Lluvia



1 North  
 1:25

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Vista Frontal Casa

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
 Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
 PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

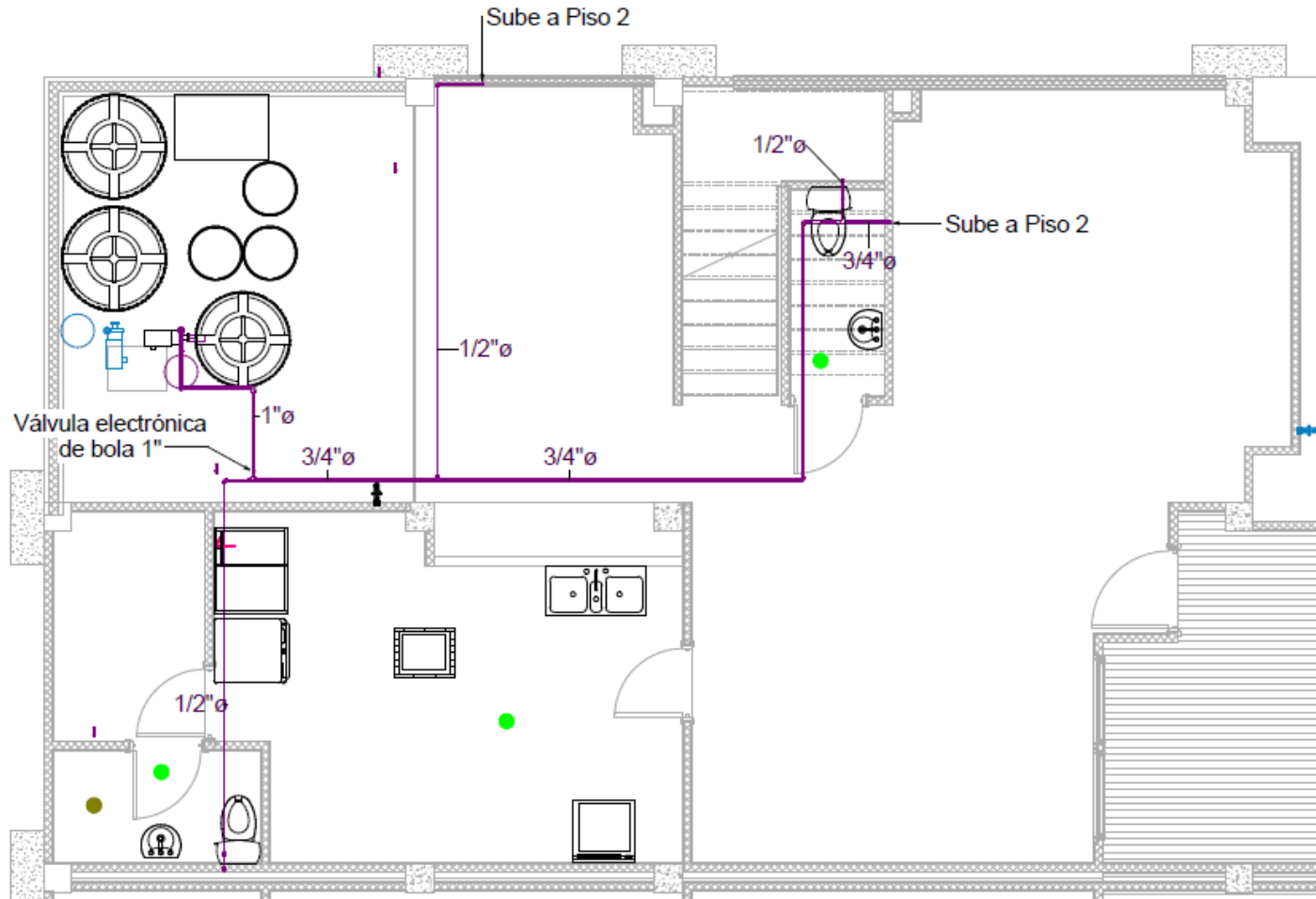
TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:25
PLANO No.	(0) 2 DE 2



Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERIA Civil

Diámetros no especificados: 1/2"



1 Primer Piso (GT)  
1:20



Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERIA Civil

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Aguas Grises Tratadas. Primer Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

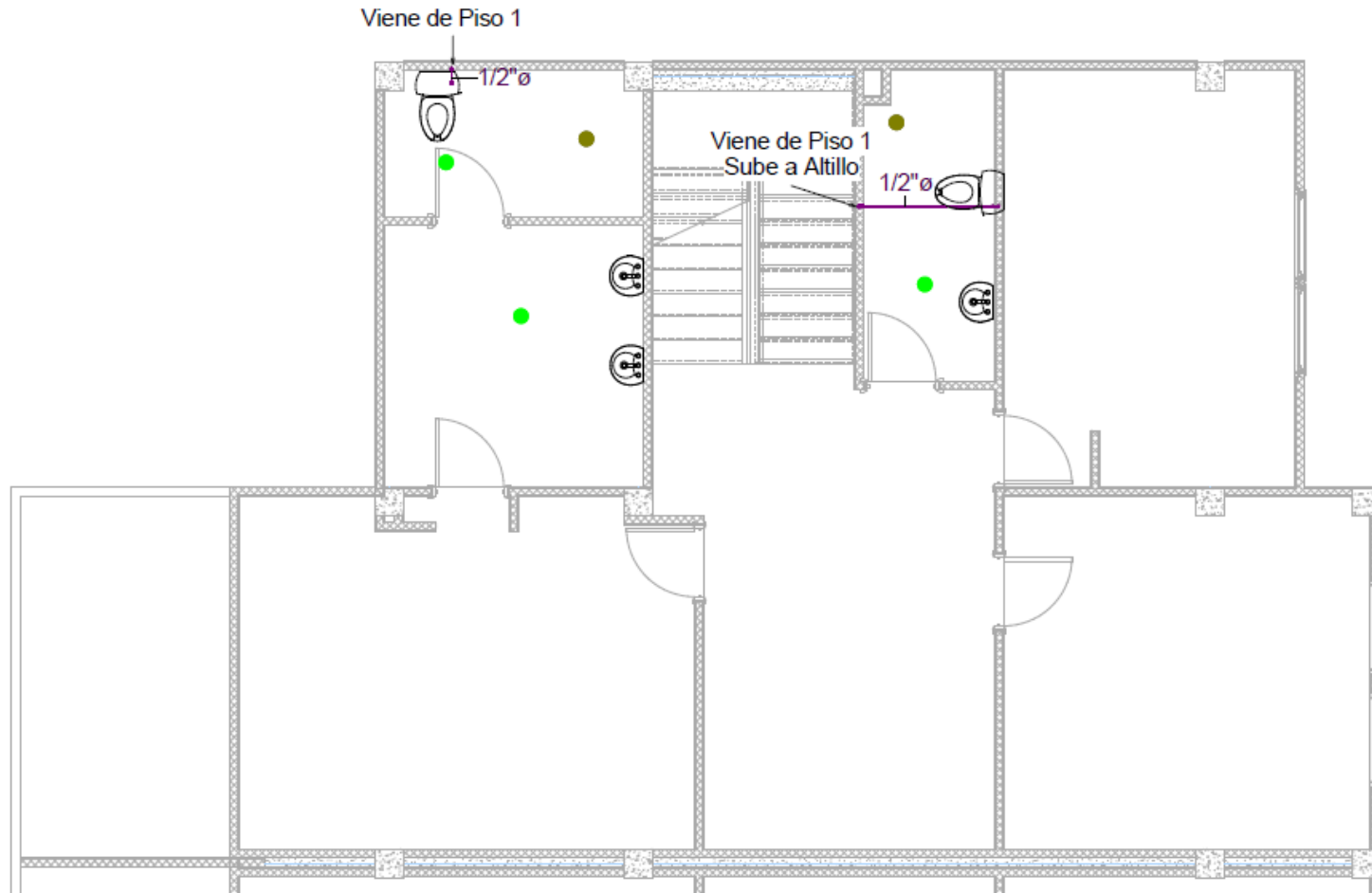
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(GT) 1 DE 3

Diámetros no especificados: 1/2"



① Segundo Piso (GT)  
1:20



Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERIA Civil

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Aguas Grises Tratadas. Segundo Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

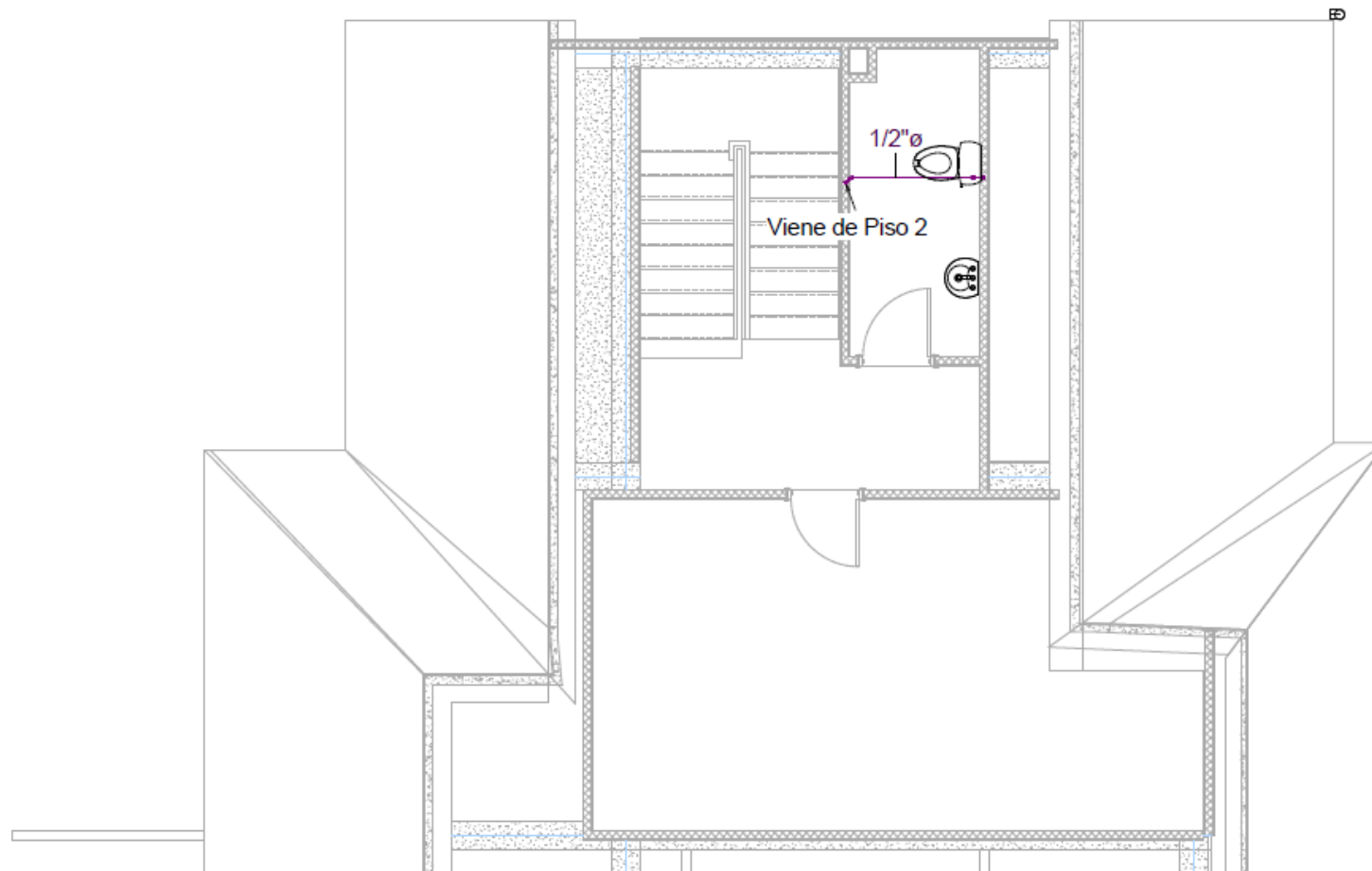
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(GT) 2 DE 3

Diámetros no especificados: 1/2"



1 Tercer Piso (GT)  
1:20



Universidad  
Industrial de  
Santander

ESCUELA DE  
**INGENIERIA**  
*Civil*

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN  
DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL  
CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Aguas Grises Tratadas. Tercer Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

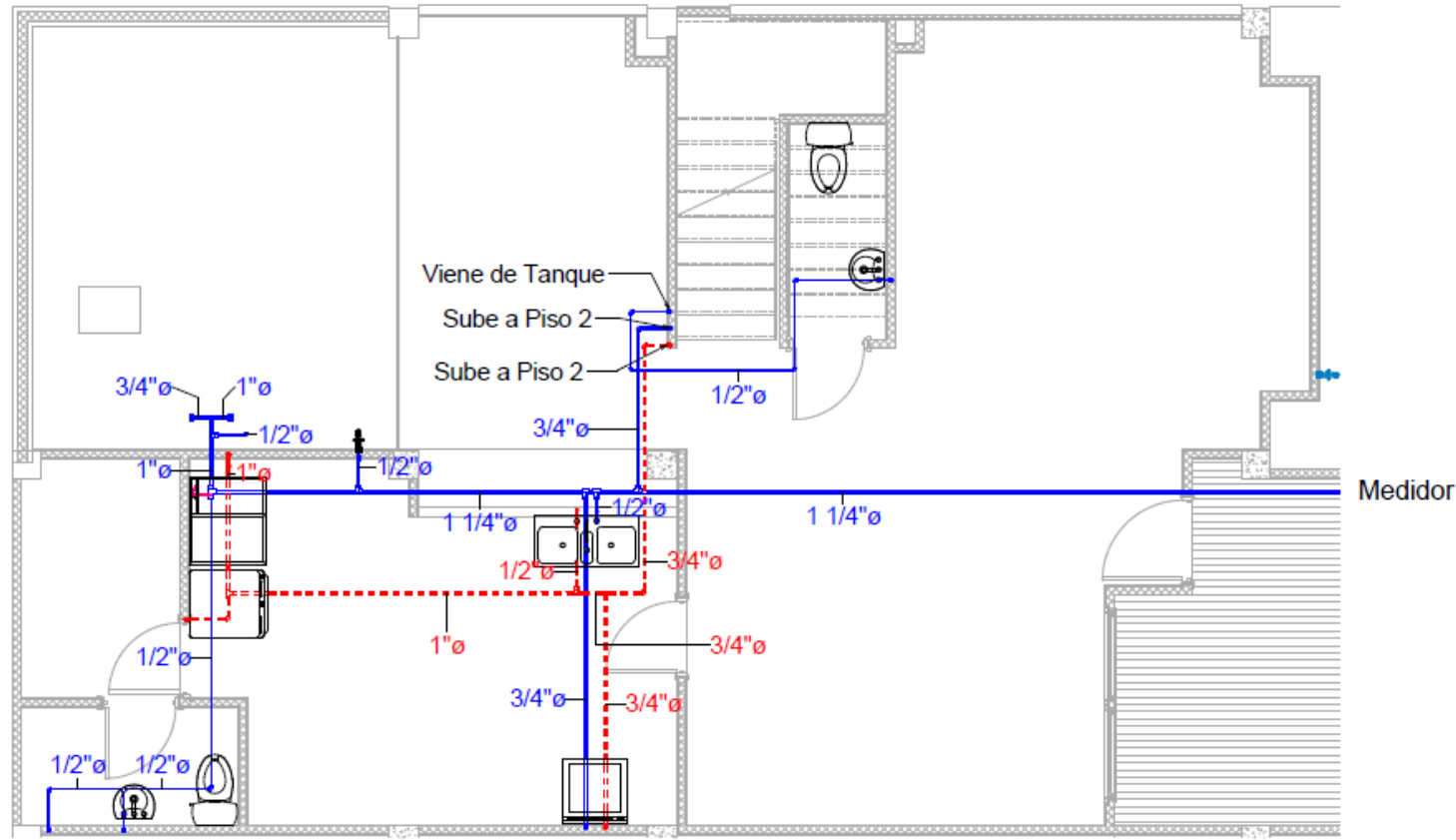
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	
ARCHIVO DIGITAL	
FECHA	
ESCALA	1:20
PLANO No.	(GT) 3 DE 3

Diámetros no especificados: 1/2"



① Primer Piso (H)  
1:20



Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERIA Civil

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Hidráulica. Primer Piso

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

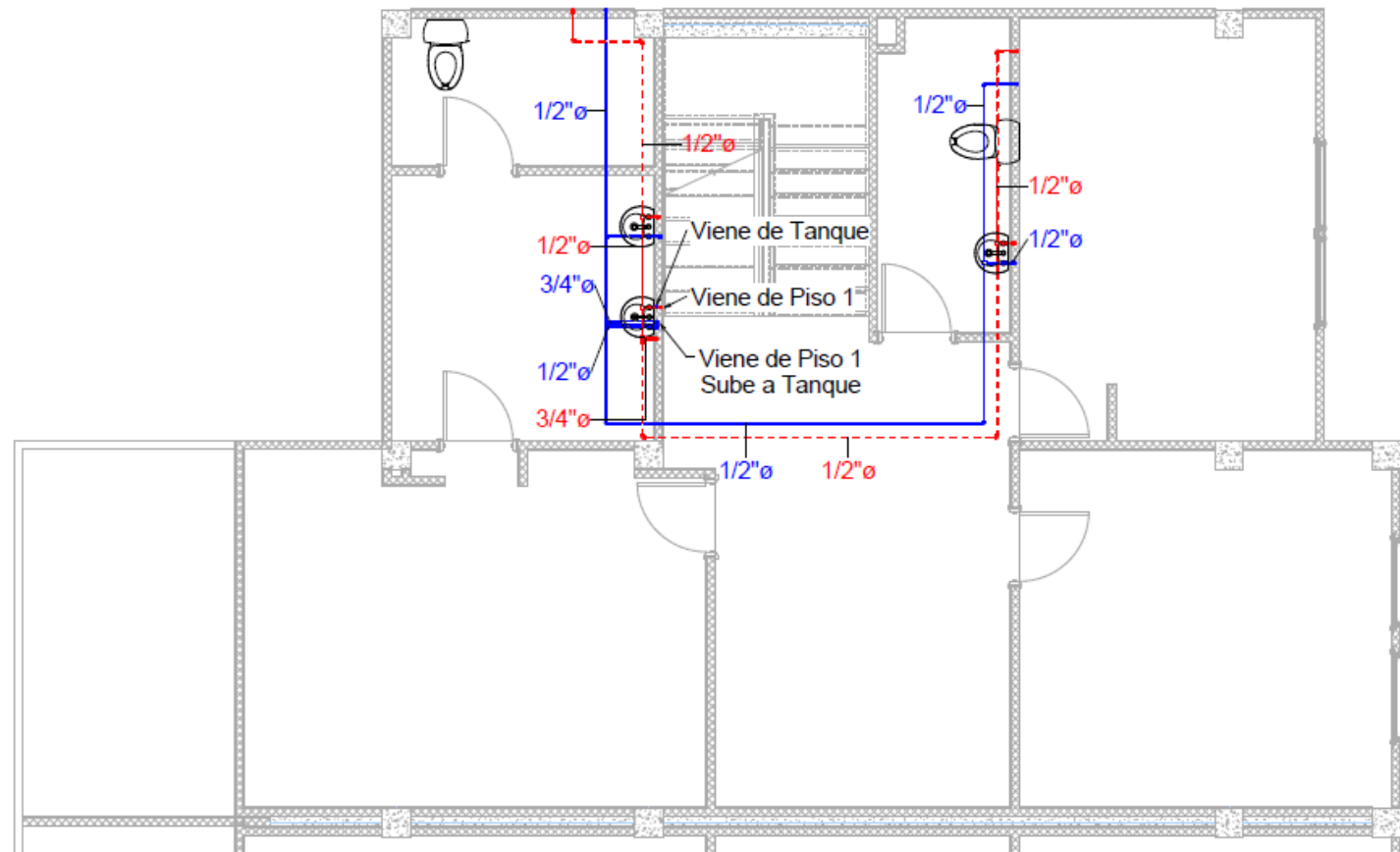
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	17/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(H) 1 DE 3

Diámetros no especificados: 1/2"



1 Segundo Piso (H)  
1:20



Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERIA Civil

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Hidráulica. Segundo Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

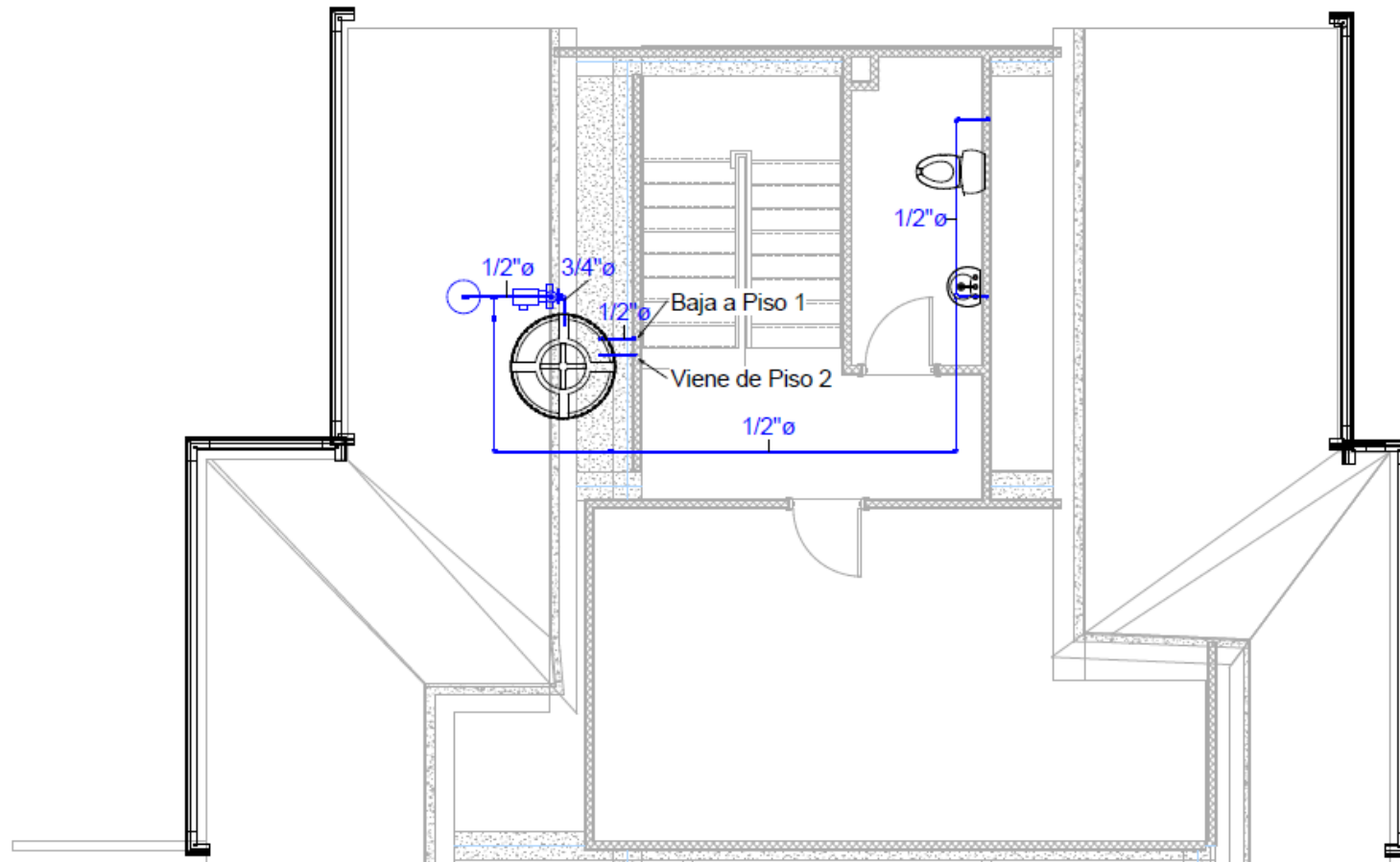
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(H) 2 DE 3

Diámetros no especificados: 1/2"



① Tercer Piso (H)  
1:20



Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERIA Civil

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Hidráulica. Tercer Piso.

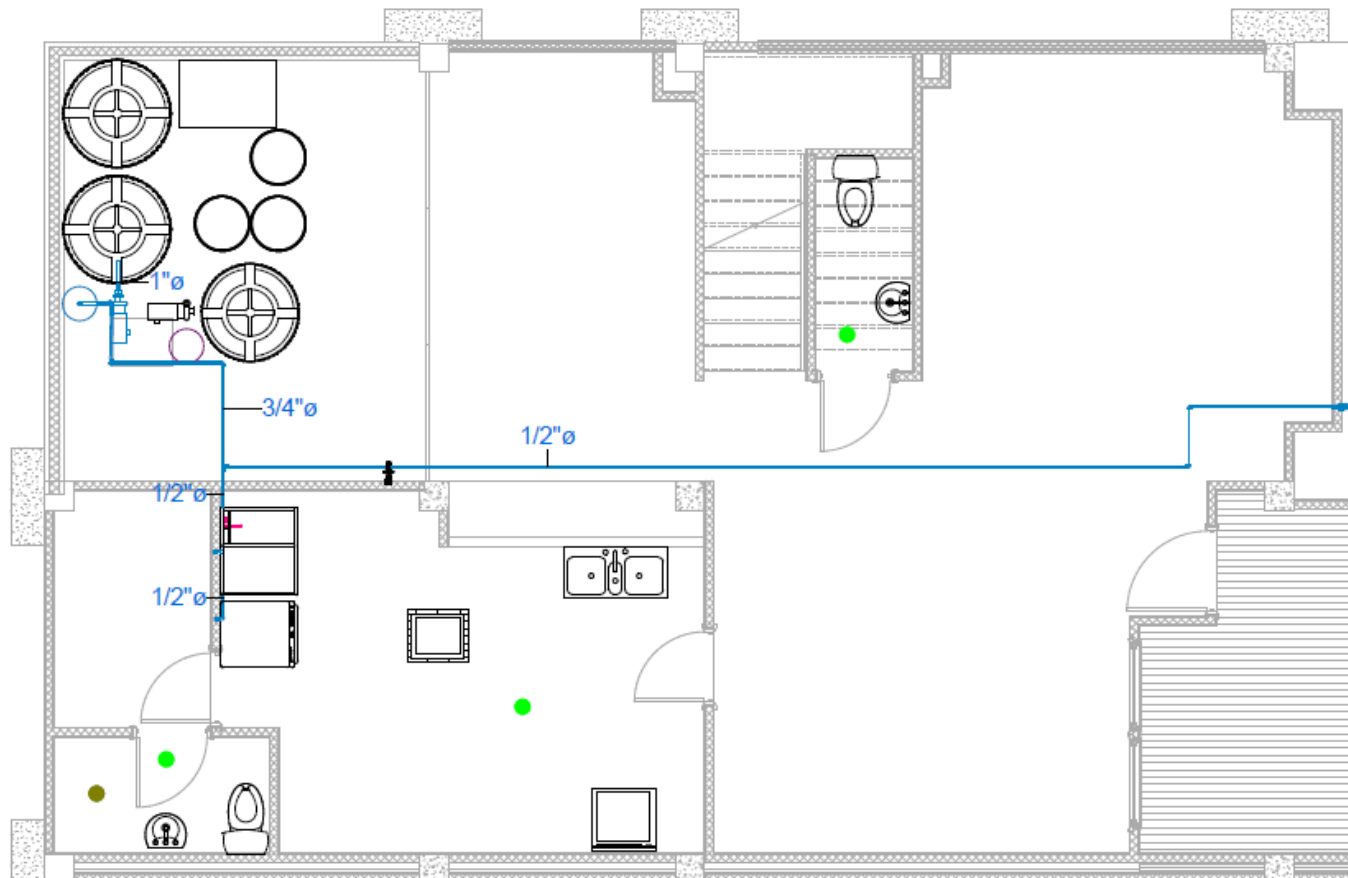
ELABORADO Y DISEÑADO POR:

Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(H) 3 DE 3



① Primer Piso (PT)  
1:20



Universidad Industrial de Santander



DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Aguas Lluvias Tratadas. Primer Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

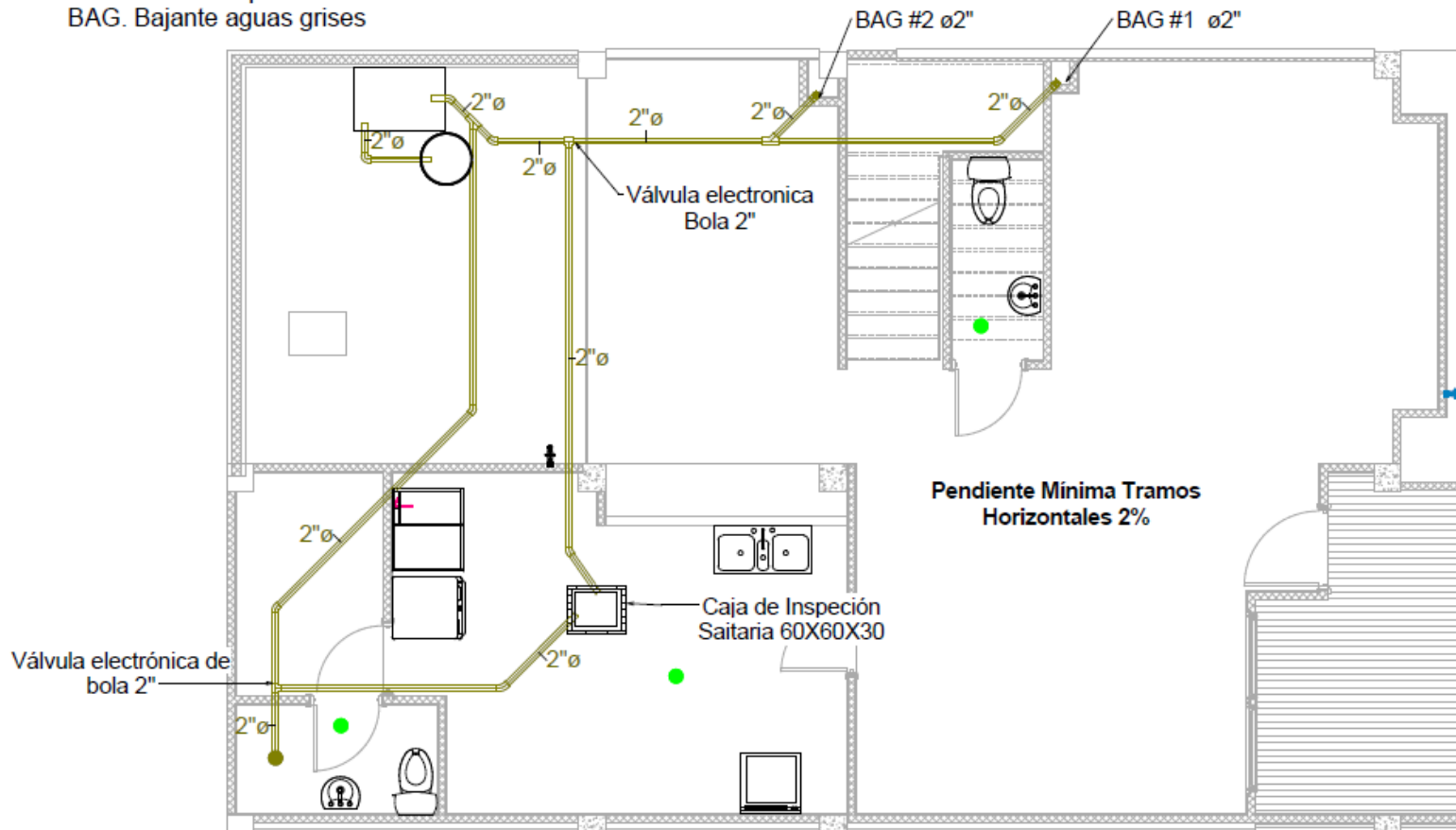
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(PT) 1 DE 1

Diámetros no especificados: 2"  
BAG. Bajante aguas grises



1 Primer Piso (RG)  
1:20



Universidad Industrial de Santander



DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Recolección Aguas Grises. Primer Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

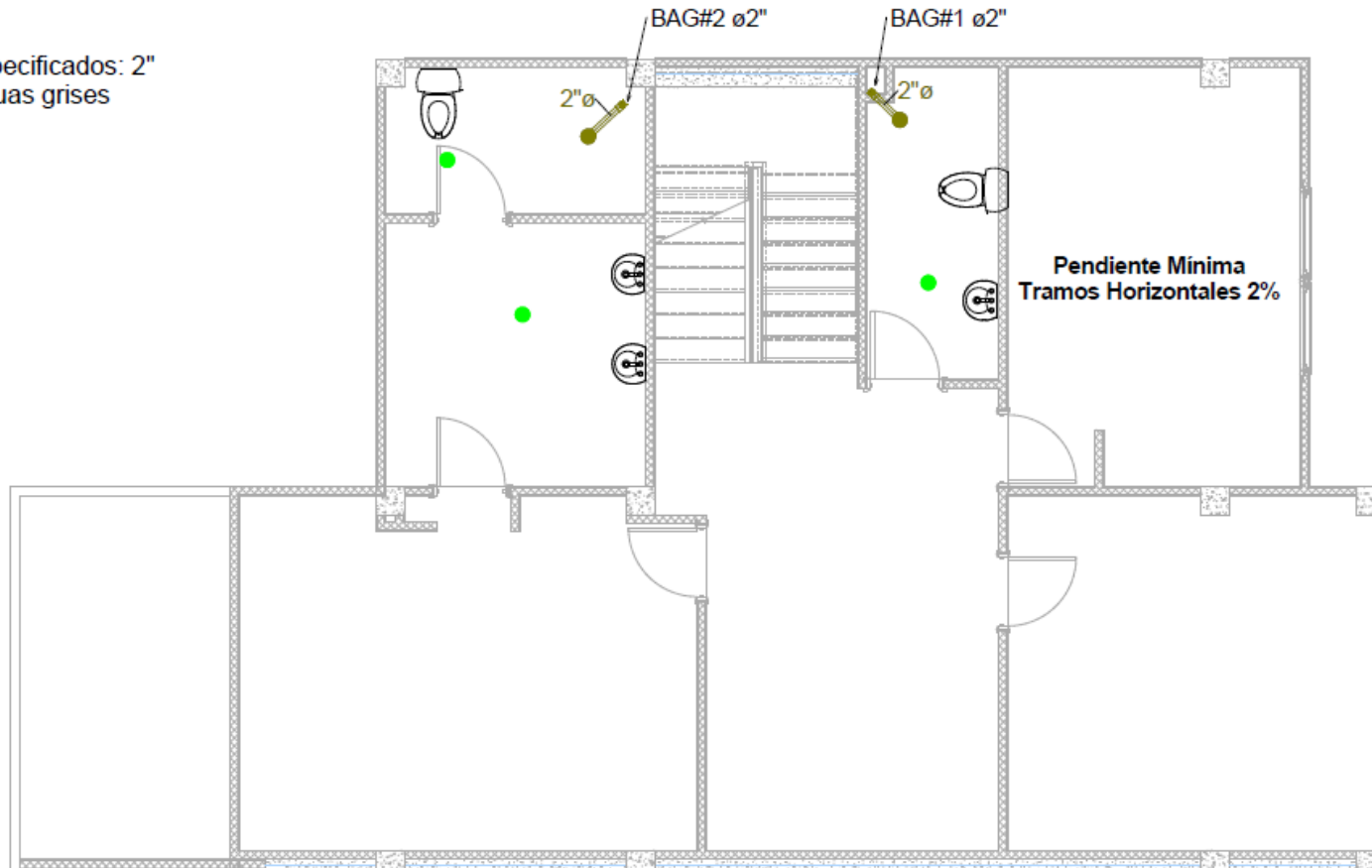
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_NI.nt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(RG) 1 DE 3

Diámetros no especificados: 2"  
 BAG. Bajante aguas grises



Pendiente Mínima  
 Tramos Horizontales 2%

1 Segundo Piso (RG)  
 1:20



Universidad  
 Industrial de  
 Santander

ESCUELA DE  
**INGENIERIA**  
*Civil*

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN  
 DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL  
 CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Recolección Aguas Grises. Segundo Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

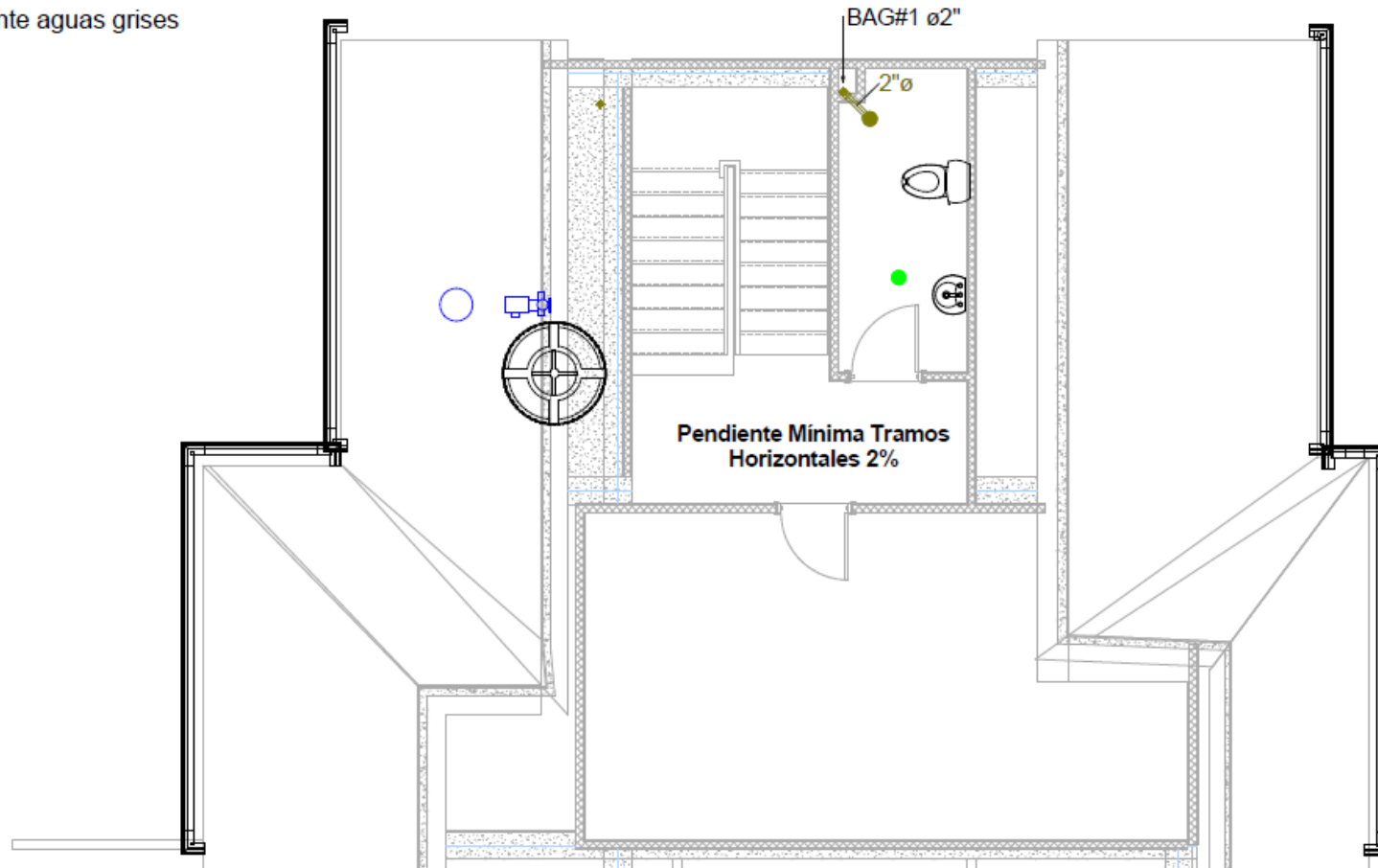
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
 Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
 Ph.D. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(RG) 2 DE 3

BAG. Bajante aguas grises



1 Tercer Piso (RG)  
1:20



Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERIA Civil

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y PLUMIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Recolección Aguas Grises. Tercer Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

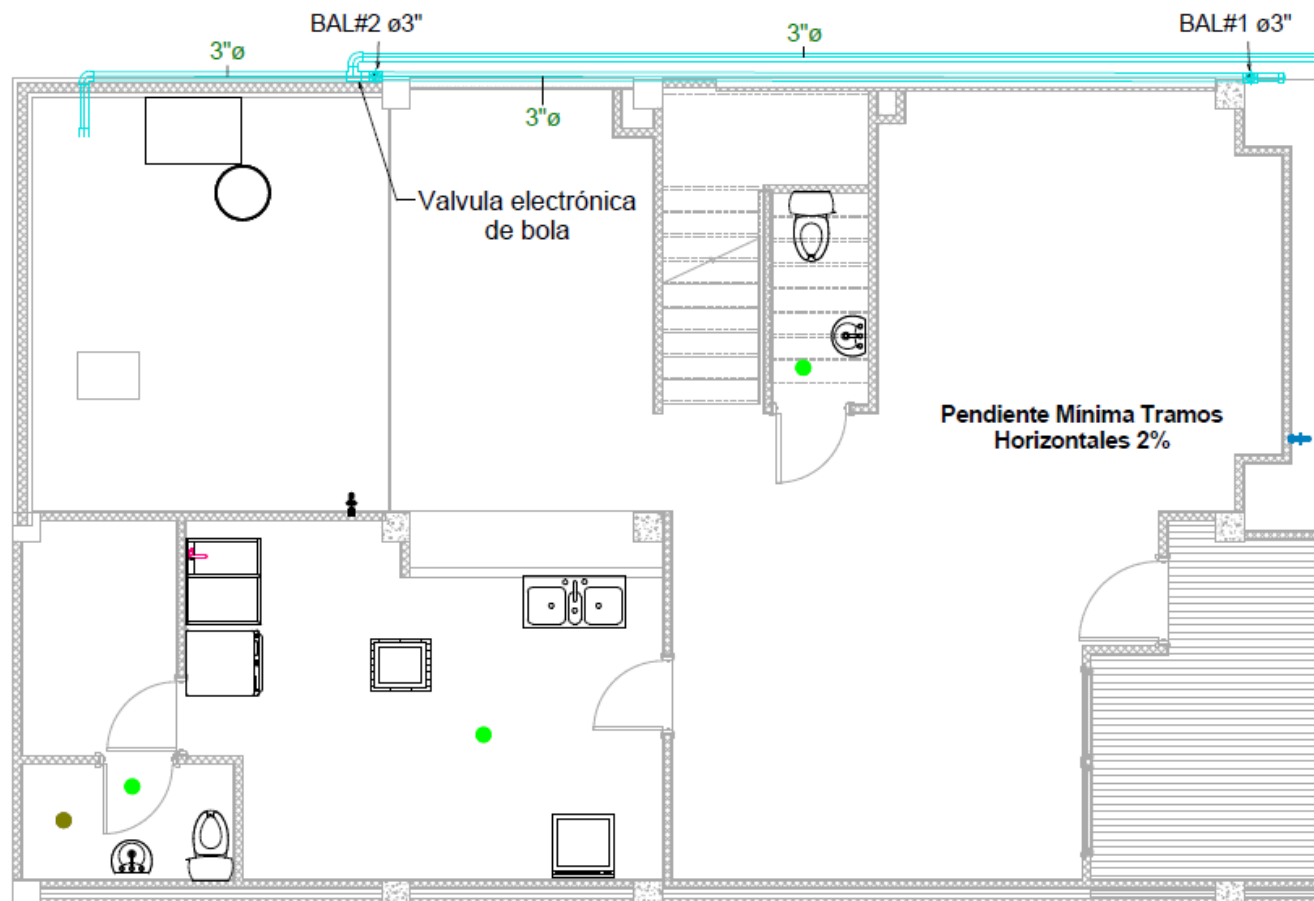
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N1.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(RG) 3 DE 3

BAL. Bajante aguas Lluvia



1 Primer Piso (RP)  
1:20



Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERIA Civil

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Recolección Aguas Lluvia. Primer Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

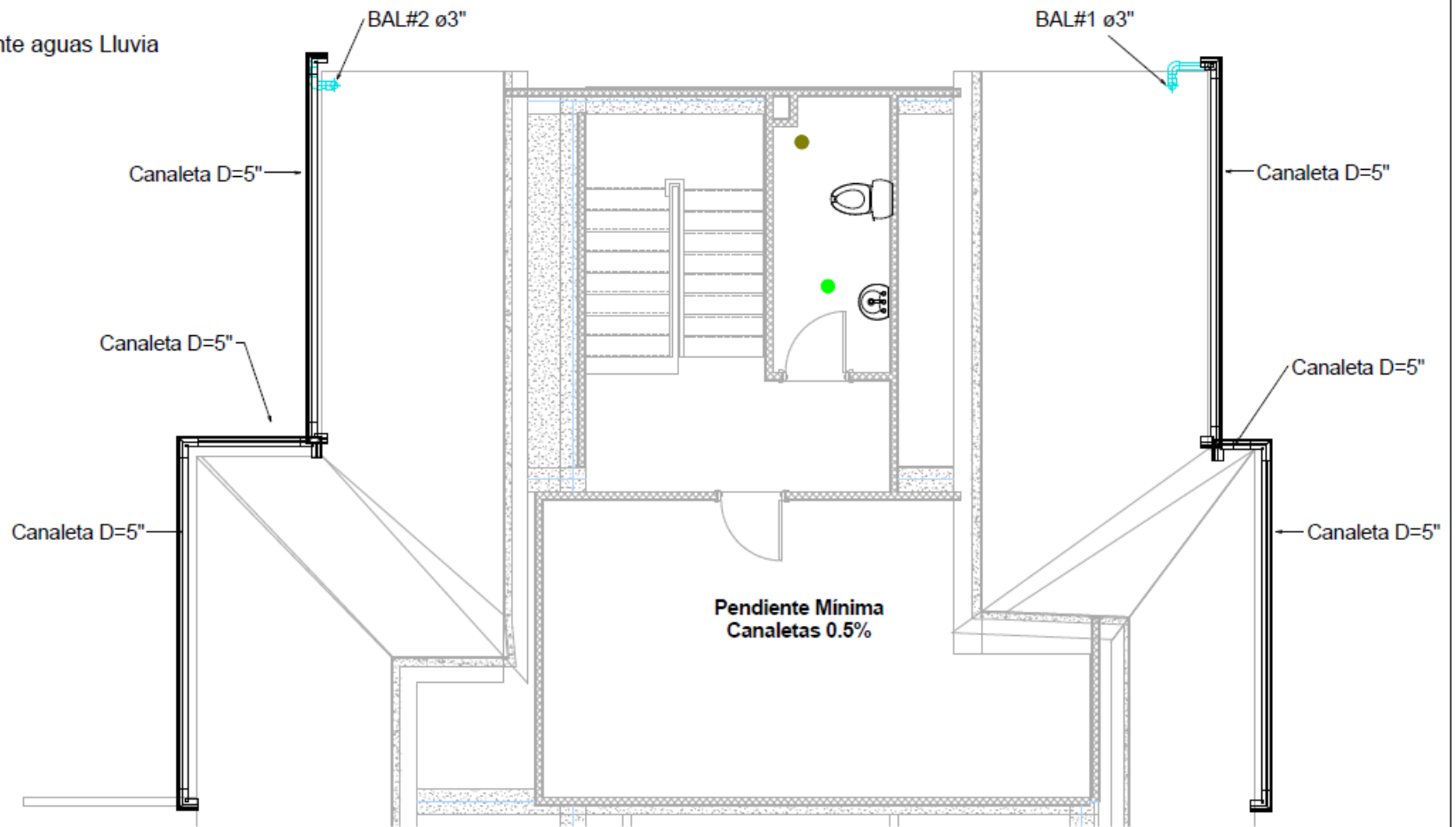
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(RP) 1 DE 2

BAL. Bajante aguas Lluvia



1 Tercer Piso (RP)  
1:20



Universidad  
Industrial de  
Santander

ESCUELA DE  
**INGENIERIA**  
*Civil*

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN  
DE AGUAS GRISAS Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL  
CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Recolección Aguas Lluvia. Cubierta

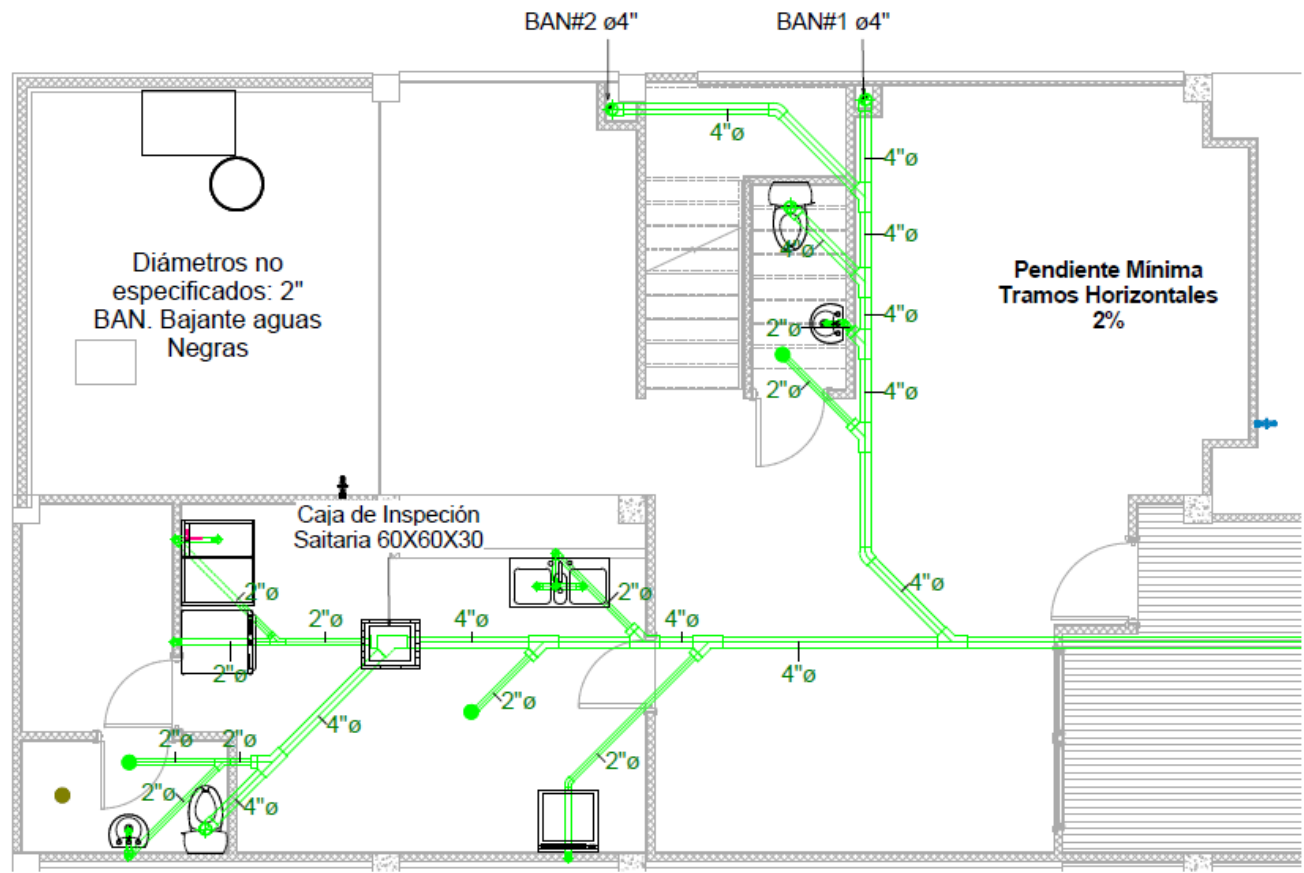
ELABORADO Y DISEÑADO POR:

Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.m
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(RP) 2 DE 2



1 Primer Piso (S)  
1:20



Universidad Industrial de Santander



DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Sanitaria. Primer Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

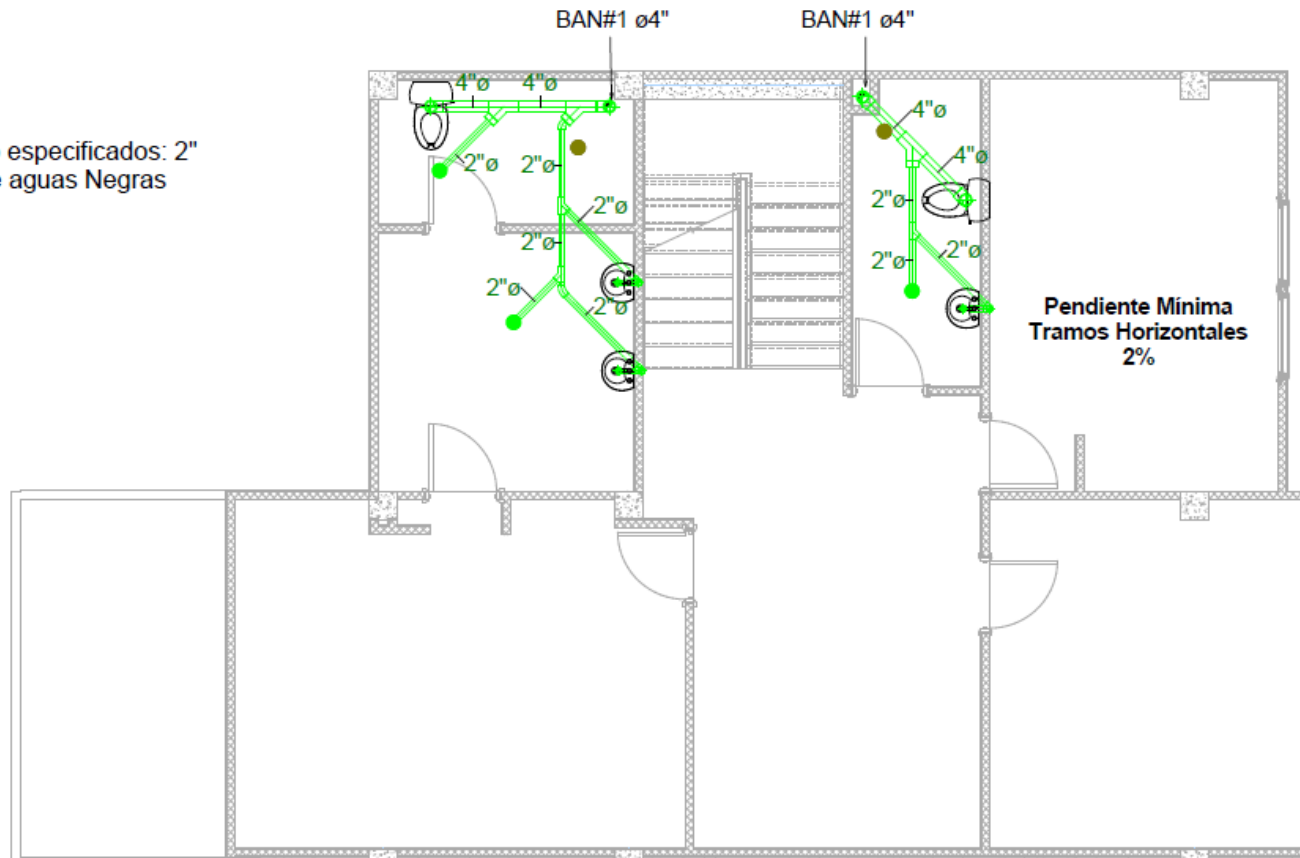
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscano_N.At
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(S) 1 DE 3

Diámetros no especificados: 2"  
 BAN. Bajante aguas Negras



1 Segundo Piso (S)  
 1:20



Universidad  
 Industrial de  
 Santander



DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN  
 DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL  
 CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Sanitaria. Segundo Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

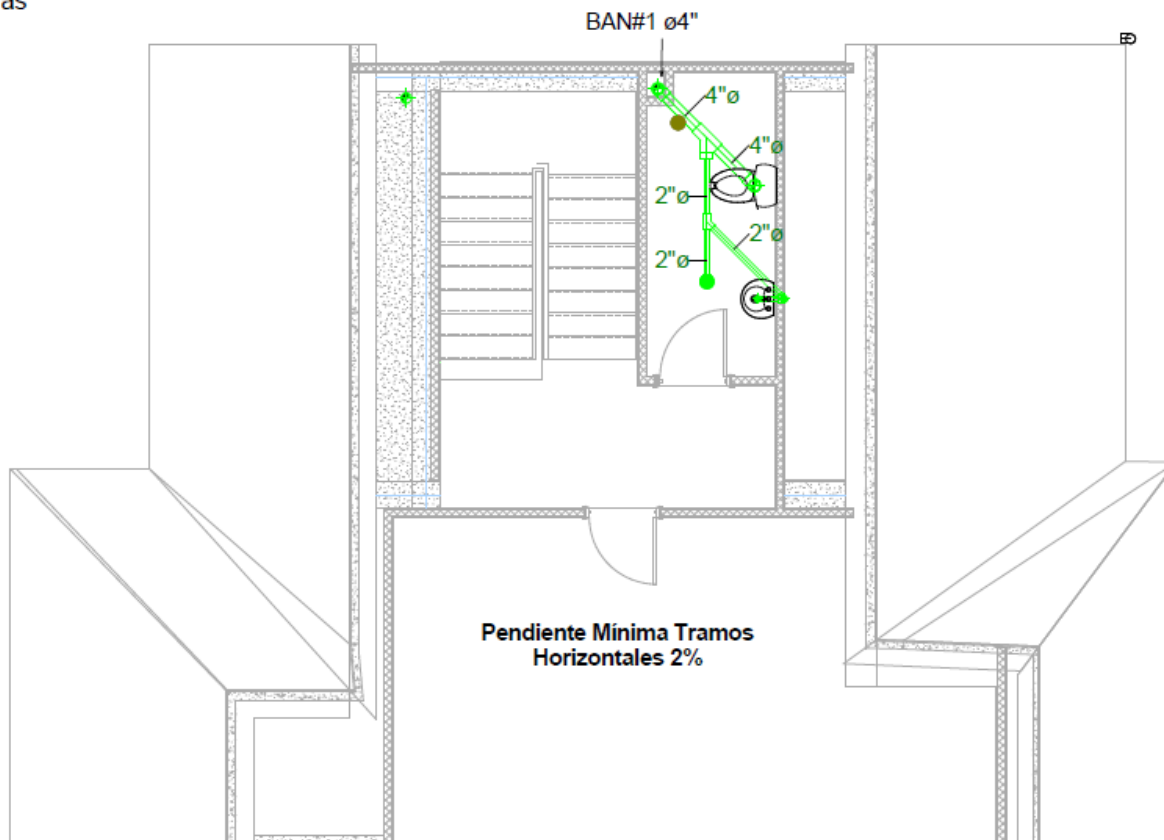
Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
 Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
 PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(S) 2 DE 3

Diámetros no especificados: 2"  
 BAN. Bajante aguas Negras



Pendiente Minima Tramos Horizontales 2%

1 Tercer Piso (S)  
 1:20



Universidad Industrial de Santander

ESCUELA DE INGENIERIA Civil

DISEÑO HIDROSANITARIO PARA SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y PLUVIALES PARA VIVIENDA DEL CONJUNTO TOSCANA, MEDITERRANÉ SPA & TENNIS CLUB

Red Sanitaria. Tercer Piso.

ELABORADO Y DISEÑADO POR:

Miryam Lizeth Rivera Sánchez  
 Julián Mauricio Zaraza Peña

SUPERVISADO POR:

PhD. Isabel Cristina Domínguez Rivera  
 PhD. Edgar Ricardo Oviedo Ocaña

TAMAÑO	A4
ARCHIVO DIGITAL	RED_Toscana_N.rvt
FECHA	18/10/2015
ESCALA	1:20
PLANO No.	(S) 3 DE 3