



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería en Construcción

“DISEÑO Y FACTIBILIDAD DE SISTEMA DE
CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA EL USO EN
DESCARGAS DE WC EN VIVIENDAS SOCIALES DE
VALDIVIA”

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Constructor

Profesor Patrocinante:
Sr. Juan Carlos Vergara Muñoz.
Ingeniero Civil Mecánico
Magister en Economía y Gestión Regional
Doctor en Economía Aplicada.

JUAN GUSTAVO PEÑALOZA ABELLO

VALDIVIA - CHILE

2011

INDICE**RESUMEN****SUMMARY****INTRODUCCION****OBJETIVOS****METODOLOGIA****ESTRUCTURA DE LA TESIS**

CAPITULO I.- Generación de Aguas Negras en Viviendas.	1
1.1.- Aguas Negras.	1
1.1.1.- Conceptos principales.	1
1.1.2.- Distribución de habitaciones y cantidades de artefactos de la vivienda.	1
1.2.- Descripción del Tipo de Vivienda Social.	2
1.2.1- Presentación de Vivienda Social del tipo 41.54 m ² superficie real y municipal.	2
1.3.- Determinación del aporte de aguas negras de la vivienda en cuestión.	4
CAPITULO II.- Análisis de precipitaciones en Valdivia y estimación de la cantidad de agua a recolectar.	5
2.1.- Análisis de precipitaciones en Valdivia	5
2.2.- Determinación de la Cantidad de agua recolectada.	7
2.2.1.- Superficie de Recolección	7
2.2.2.- Determinación de la cantidad de agua recolectada	'8

CAPITULO III.- Diseño y evaluación económica de sistema individual	9
para una vivienda social.	
3.1.- Diseño del sistema individual para viviendas sociales.	9
3.1.1.- Introducción.	9
3.1.2.- Sistema de recolección y transporte.	10
3.1.3.- Estanque de Acumulación.	14
3.1.3.1.- Introducción.	14
3.1.3.2.- Selección del Estanque	14
3.1.4.- Conexión entre Estanque de Acumulación y WC.	22
3.1.5.- Selección del WC.	23
3.1.5.1.- Experiencia con válvula de admisión Universal.	23
3.1.5.2.- Experiencia realizada con Válvula de admisión tipo Avon 3/8", marca Grifesa.	25
3.1.6.- Dimensionamiento de Tuberías y determinación de las pérdidas de carga del sistema.	29
3.1.7.- Determinación del Caudal del Sistema	34
3.1.8.- Estructura Resistente para el Estanque.	41
3.2.- Evaluación Económica del Sistema de Recolección individual.	42
3.2.1.- Costos de inversión.	42
3.2.2.- Sistema de Tarificación.	43
3.2.3.- Evaluación Económica del Sistema.	44

CAPITULO IV.- Diseño y Evaluación Económica de Sistema	50
Colectivo para una población de 50 viviendas sociales.	
4.1.- Descripción general del sistema de recolección.	50
4.2.- Diseño del Sistema.	51
4.2.1.- Sistema de conducción de las aguas lluvias al estanque.	51
4.2.2.- Dimensionamiento del Estanque.	56
4.2.3.- Sistema de Alimentación de aguas a las Viviendas	59
4.2.3.1.- Red de Agua.	59
4.3.- Evaluación económica del Sistema de recolección Colectivo.	68
4.3.1.- Resumen de Costos de Materiales.	70
4.3.2.- Costo de Operación.	71
4.3.3.- Tarificación.	72
CONCLUSIONES	73
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	75
REFERENCIA ELECTRONICA	77
ANEXOS	78

INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
Figura N° 1: Plano de Superficie de la Vivienda.	2
Figura N° 1.1: Planta de Arquitectura de Vivienda.	3
Figura N° 2: Distribución en planta de Red de agua recolectada.	9
Figura N° 3: Esquema de alturas de la vista posterior de la Vivienda.	11
Figura N° 4: Combinación de llaves de paso a la llegada del WC.	22
Figura N° 5: Válvula de admisión inferior, 15/16" Elaplas instalada.	23
Figura N° 6: Esquema de ensayo con Válvula de admisión Universal.	24
Figura N° 7: Esquema del sistema con Válvula de admisión Lateral.	26
Figura N° 8: Sistema ideado para verificar pérdida en válvula Avon.	26
Figura N° 9: Vista lateral válvula de admisión lateral tipo Avon.	27
Figura N° 10.1: Esquema Isométrico de partes de red individual.	35
Figura N° 10.2: Esquema Isométrico de partes de red individual.	35
Figura N° 11: Estructura Resistente del Estanque.	41
Figura N° 12: Esquema isométrico de la red de recolección de agua lluvia y conducción hacia el estanque.	50
Figura N° 13: Esquema de estanque de acumulación y sala de máquinas.	57
Figura N° 14: Esquema de estanque.	58
Figura N° 15: Tramos considerados para el cálculos de pérdida de carga en tuberías.	61
Figura N° 16: Emplazamiento de la Villa con 50 viviendas.	68
Figura N° 17: Red de alimentación a Vivienda.	69

INDICE DE TABLAS

<u>TABLA</u>	<u>PÁGINA</u>
Tabla N° 1: Superficie de la Vivienda.	2
Tabla N° 2: Precipitaciones en mm. del año 2007 parcializado por meses.	5
Tabla N° 3: Superficie de proyección de la techumbre.	7
Tabla N° 4: Total anual de agua recolectada [M3].	8
Tabla N° 5: Cantidad de agua acumulada en un estanque de 0,5 m ³ , considerando lluvia caída y consumo diario de agua del WC.	15
Tabla N° 6: Cantidad de agua acumulada en un estanque de 1,0 m ³ , considerando lluvia caída y consumo diario de agua del WC.	17
Tabla N° 7: Cantidad de agua acumulada en un estanque de 1,5 m ³ , considerando lluvia caída y consumo diario de agua del WC.	19
Tabla N° 8: Coeficientes de pérdidas singulares.	38
Tabla N° 9: Detalle de precios unitarios y precio total de la implementación del sistema en una vivienda.	42
Tabla N° 10: Inversión v/s Ahorro con Tasa de interés 0%.	45
Tabla N° 11: Inversión v/s Ahorro con Tasa de interés 5%.	46
Tabla N° 12: Inversión v/s Ahorro con Tasa de interés 6%.	47
Tabla N° 13: Intensidad de Lluvia en Planta Arauco Valdivia.	52
Tabla N° 14: Descarga hacia la red de recolección de aguas lluvias.	55
Tabla N° 15: Pérdida de carga regular en Red H - A.	62
Tabla N° 16: Pérdida de carga regular en Red H - C.	62
Tabla N° 17: Pérdida de carga regular en Red H - F.	63
Tabla N° 18: Cálculo de pérdidas por singularidades.	64

Tabla N° 19: Resumen de materiales y costos para implementación de sistema de recolección en una Villa.	70
Tabla N° 20: Costos de Operación del Sistema Colectivo.	71

INDICE DE GRAFICOS

<u>GRAFICO</u>	<u>PÁGINA</u>
Grafico N° 1: Precipitaciones por Mes, año 2007.	6
Gráfico N° 2: Tiempo de recuperación de la inversión según Tasa de Interés.	49

RESUMEN

El agua es uno de los elementos fundamentales para la creación y mantención de la vida y en esta época no se aprovecha de la mejor manera, siendo un recurso natural escaso.

Con el objetivo de aportar de alguna manera a la resolución de esta problemática, en esta memoria analizamos la factibilidad técnico-económica de implementar un sistema de recolección y acumulación de aguas lluvias para su posterior uso en una vivienda individual, como también en un sistema colectivo para una villa de 50 viviendas de las mismas características.

Se comparan ambas alternativas propuestas y se analizó la factibilidad de ejecución de cada sistema de recolección según correspondía la envergadura de cada sistema de recolección, almacenamiento y conducción del agua hacia los WC.

Los resultados obtenidos muestran que el sistema individual es económicamente viable principalmente por la simplicidad de su ejecución y en su mantención respecto del sistema colectivo.

El sistema colectivo resulta muchos más costo a causa de la gran envergadura de las obras civiles y a que el sistema de construcción proyectado tiene mayor vida útil.

SUMMARY

Water is one of the principal resources for the creation and survive of life, and at this times it is unbelievable wasted.

This work was focus in verify the techno-economic possibility of introducing a collection and accumulation system of rain water for it future use in an individual house. A system of collective system for a neighborhood of 50 houses was also introduced, with the goal of saving money to the families and helping with the appropriate use of it natural resource.

INTRODUCCION

La cantidad limitada de recursos naturales en nuestro planeta ha producido un significativo cambio en las últimas décadas en dirección a desarrollar varias tecnologías alternativas para optimizar al máximo el uso de los recursos naturales disponibles y aprovechar otros que aún no han sido explotados.

Por lo anterior la concepción de un sistema de reutilización de las aguas lluvias para fines domésticos se argumenta en la necesidad actual que afecta a todo el planeta de optimizar los recursos naturales. Considerando que ya existen tecnologías alternativas basadas en la luz del sol, en los vientos, en los caudales de pequeños ríos, etcétera, se hace necesario crear conciencia de la importancia que puede llegar a tener el agua caída del cielo. Por cierto no se puede dejar de considerar que todas las proyecciones de lluvias tienen un periodo de retorno máximo de 100 años, lo que nos asegura que tendremos a nuestra disposición este recurso sin mediar una catástrofe.

Según el registro histórico del INE (INE, 2006), presentado en el Informe anual del Medio Ambiente hasta el año 2005, la cantidad de milímetros de agua lluvia caída anualmente en Valdivia, XIV Región, permite que en esta ciudad se justifique la implementación de un sistema con este fin.

Además del punto de vista ecológico que significa un menor consumo de agua potable obtenida de fuentes naturales no renovables, un sistema de reutilización de aguas lluvias presenta otra ventaja; un potencial ahorro en los costos de consumo de agua potable por parte de los usuarios de las viviendas, previa amortización de la inversión inicial.

Por supuesto que el aprovechamiento del trayecto natural del agua lluvia generando la circulación del agua por medio de la fuerza de gravedad, en casos de menor escala es una ventaja de la cual se puede sacar provecho

En el entendido que los consumos de agua potable, el sistema de alcantarillado, y el tratamiento de las aguas servidas, son facturadas por las empresas abastecedoras del servicio, en este caso Essal S.A. basados en el consumo de agua potable, será requisito del proyecto informar oportuna y formalmente de esta modificación a la empresa aludida.

Para el análisis de este proyecto se ha considerado una vivienda social tipo de 41,54 m², construida en Valdivia, en forma individual, y como alternativa, una solución colectiva para un conjunto de 50 viviendas de las mismas características.

OBJETIVO GENERAL

- Se espera que los resultados de esta investigación constituyan un aporte real al consumidor de vivienda social a la hora de tomar la decisión de optimizar el consumo de agua en su vivienda y/o en su comunidad.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Diseñar y analizar la factibilidad técnico-económica:
 - a) de un sistema individual de recuperación de aguas lluvias para alimentar el WC de una vivienda social de 41.54m² en Valdivia;
 - b) de un sistema colectivo que alimente centralizadamente con aguas lluvias a los WC de un conjunto de 50 viviendas sociales de ese mismo tipo.
- Desglosar los costos de la implementación y operación en ambos casos, y generar comparación entre ellos.

METODOLOGIA

Primero se describe el modelo y las características de la vivienda elegida para ejecutar el proyecto.

A continuación se analizan los tópicos técnicos relacionados al proyecto.

Luego se ejecuta la evaluación del proyecto, primero en una vivienda y posteriormente en un grupo de 50 viviendas.

Por último se genera una comparación entre el sistema proyectado individualmente y colectivamente, considerando aspectos como potenciales costos adicionales y ahorros, tanto en la ejecución del sistema como en su operación.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

Comienza con la presentación del tema y los objetivos que se espera lograr con esta memoria.

Continúa el cuerpo de la memoria que comienza con el capítulo I titulado *Generación de Aguas Negras en Viviendas*, en el cuál se detalla el uso que tendrán las aguas recolectadas proveniente de las aguas lluvias.

Prosigue el capítulo II, *Análisis de precipitaciones en Valdivia y estimación de la cantidad de agua a recolectar*, capítulo en el cual se presentan los datos que justifican que la cantidad de lluvia que cae sobre la ciudad, es suficiente para la utilización del sistema propuesto.

Luego viene el capítulo III, *Diseño y evaluación económica de sistema individual para una vivienda social*. En este capítulo se desarrolla la solución propuesta para una sola vivienda.

Después se presenta el capítulo IV, *Diseño y Evaluación Económica de Sistema Colectivo para una población de 50 viviendas sociales*. En este capítulo se presenta la solución propuesta para un conjunto de viviendas.

Y finalmente se presentan las **CONCLUSIONES**.

CAPITULO I.- Generación de Aguas Negras en Viviendas.

1.1.- Aguas Negras.

1.1.1.- Conceptos principales.

Las Aguas Negras son resultado de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua procedente de las casas habitaciones, edificios comerciales e instituciones, y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitaciones que pueden agregarse.

Las aguas negras son originadas principalmente por desechos humanos y animales, desperdicios caseros, corrientes pluviales, desechos industriales y en algunos casos las infiltraciones de aguas subterráneas.

Para este caso, como se trabajará con el W.C. sólo se consideran los desechos humanos.

Desechos humanos: Son los desechos expulsados por los humanos y que adquieren gran importancia porque pueden contener organismos perjudiciales para salud de la población, por lo que la recolección, el transporte y el tratamiento de estas aguas debe ser seguro y eficaz. Los desechos humanos son líquidos turbios que contienen material sólido en suspensión en una porción de aproximadamente 0,1 %, el agua funciona principalmente como transporte de los sólidos. (Dep. Sanidad del Estado de Nueva York, 1964)

1.2.- Descripción del Tipo de Vivienda Social.

1.2.1- Presentación de Vivienda Social del tipo 41.54 m² superficie real y municipal.

Se trabajó con una vivienda de 41,54 m² de superficie real y municipal.

Figura N° 1: Plano de Superficie de la Vivienda.

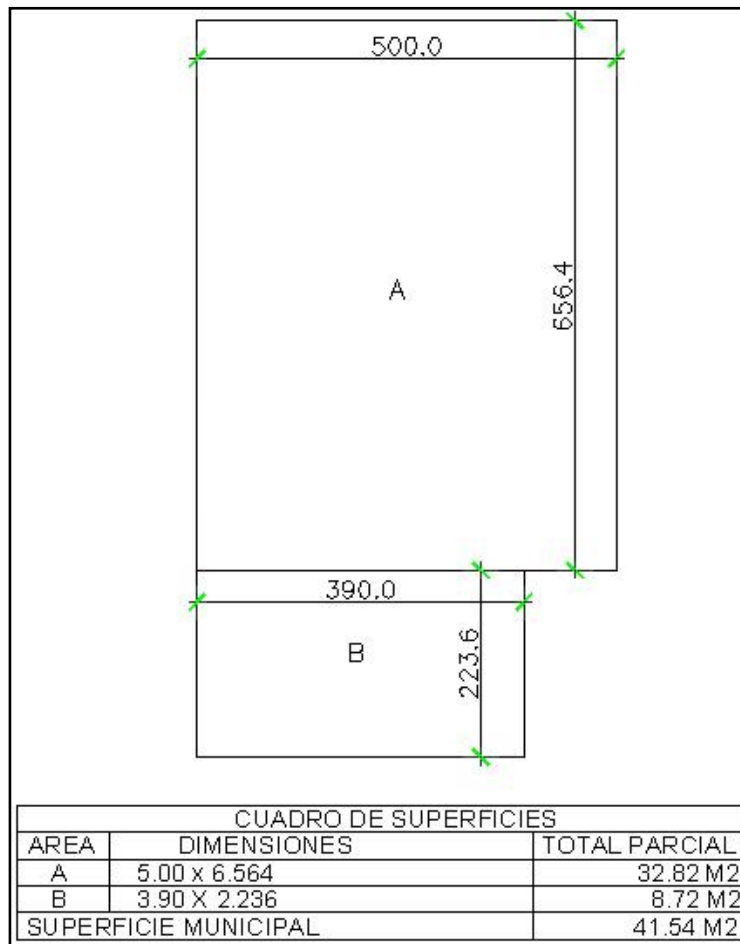
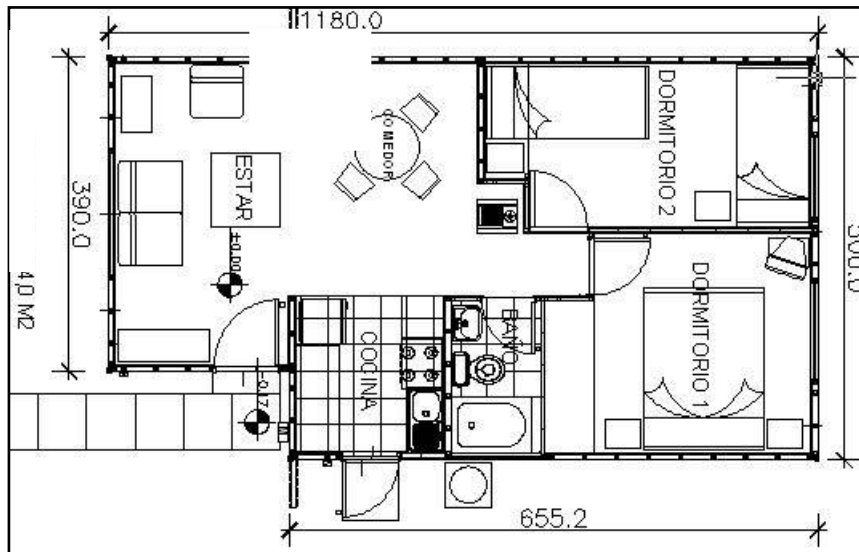


TABLA N° 1: Superficie de la Vivienda.

Fuente: SOCOVESA, 2008.

Esta vivienda tiene la siguiente distribución de habitaciones y cantidades de artefactos de la vivienda.

Figura N° 1.1: Planta de Arquitectura de Vivienda.



Fuente: SOCOVESA, 2008.

Los recintos de esta vivienda son:

- 1 Living Comedor
- 1 Cocina
- 1 Baño
- Dormitorio Principal
- Dormitorio 2. (Véase ANEXO A).

Esta vivienda es independiente, su fundación será del tipo *Fundación corrida*, la estructura de muros es de Paneles prefabricados de madera (Pino Insigne), al igual que la estructura de techumbre. El revestimiento exterior de muros es de Smart-panel, y la cubierta de Zinc-Alum acanalada tipo onda Toledana. (SOCOVESA, E.T., 2008).

El artefacto que será alimentado con el sistema recolección será el siguiente:

- 1 WC.

1.3.- Determinación del aporte de aguas negras de la vivienda en cuestión.

Se considera una vivienda social en la cual se utilizan 160 litros diarios de agua para el funcionamiento del WC, esto en base a un consumo de 4 personas en una vivienda, activando 5 veces la descarga y considerando un estanque de 8 litros .(Dep. Sanidad del Estado de Nueva York, 1964).

Entonces se considera que en una vivienda de las características dadas aporta con 160 litros de aguas negras al día lo que es igual a 58, 4 m³ de aguas negras a la red de alcantarillado cada año.

CAPITULO II.- Análisis de precipitaciones en Valdivia y estimación de la cantidad de agua a recolectar.

2.1.- Análisis de precipitaciones en Valdivia.

Los datos con que se trabajó están basados en las mediciones proporcionados por la Dirección Meteorológica de Chile entregados mediante un Informe Climatológico. (Véase ANEXO B).

Estos datos fueron registrados diariamente durante los 365 días del año 2007.

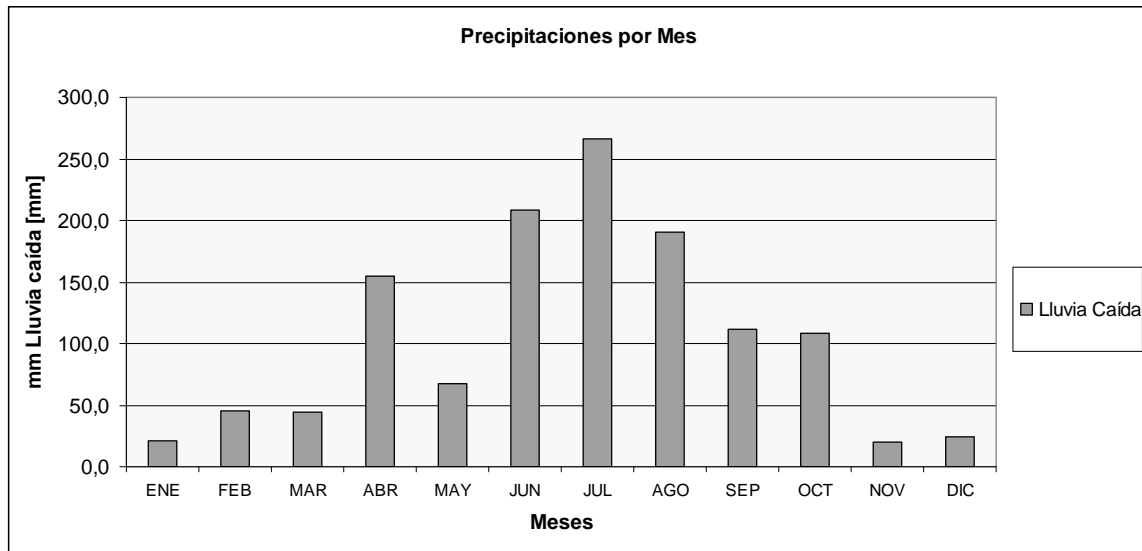
Tabla N° 2: Precipitaciones en mm. del año 2007 parcializado por meses.

AÑO 2007											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
21,2	45,1	43,7	154,5	67,4	208,3	266,3	190,5	111,4	108,9	20,0	24,2

Fuente: (Dirección Meteorológica de Chile, 2008).

Del registro proporcionado se obtiene que el año 2007, llovió 150 días con diferente intensidad y que la totalidad de milímetros de lluvia caída ese año en la ciudad de Valdivia fue de 1261,5 [mm].

Gráfico N° 1: Precipitaciones por Mes, año 2007.



Fuente: Dir. Met. Chile., 2008

Con el gráfico anterior se puede observar la distribución de lluvias en los doce meses del año y se ve claramente la concentración de las precipitaciones en tres meses, junio, julio y agosto.

2.2.- Determinación de la cantidad de agua recolectada.

2.2.1.- Superficie de recolección

Para conocer la cantidad de agua que se recolectará es necesario obtener la superficie efectiva de captación de aguas lluvias.

El diseño de este sistema considera la techumbre de la vivienda como la superficie de recolección de aguas lluvias.

Entonces, considerando una casa de superficie real $41,54\text{m}^2$, se cuenta con una proyección horizontal de la cubierta de aproximadamente 58 m^2 . (Véase ANEXO D).

Tabla N° 3: Superficie de proyección de la techumbre.

SUPERFICIE DE PROY. ALERO		
AREA	DIMENSIONES	TOTAL PARCIAL
A	6.146 X 7.62	46.83 M2
B	5.046 X 2.286	11.53 M2
SUPERFICIE PROY. TOTAL ALERO		58.36 M2

Fuente: SOCOVESA, 2008.

Con esta superficie horizontal de 58 m^2 de techumbre y basándose en la cantidad de agua caída, se estima la cantidad de m^3 de agua lluvia que se recolectará en la techumbre.

2.2.2. Determinación de la cantidad de agua recolectada.

Asumiendo un aprovechamiento del 100 % agua caída en Valdivia sobre la superficie de recolección, se calcula el volumen de agua (m³) multiplicando la cantidad total de milímetros de lluvia caída en un año por la superficie horizontal de la techumbre, con lo que se tiene:

Tabla N° 4: Total anual de agua recolectada [M3].

Precipitación Total Anual [mm]	1261,5
Proyección de techumbre [m ²]	58
Total Anual de Agua Recolectada [m³]	73,167

Fuente: Elaboración Propia.

Al comparar los resultados presentados en las tablas N° 2 (Consumo promedio anual de un WC.) y N° 5 (Total anual de agua recolectada), se demuestra que el agua caída en un año en la superficie de la techumbre, cubre con creces la demanda anual de agua del WC, siempre que la primera esté almacenada y sin pérdidas por dispersión, infiltraciones o evaporación.

El nivel de aprovechamiento de agua recolectada está relacionado principalmente con la capacidad del estanque de acumulación.

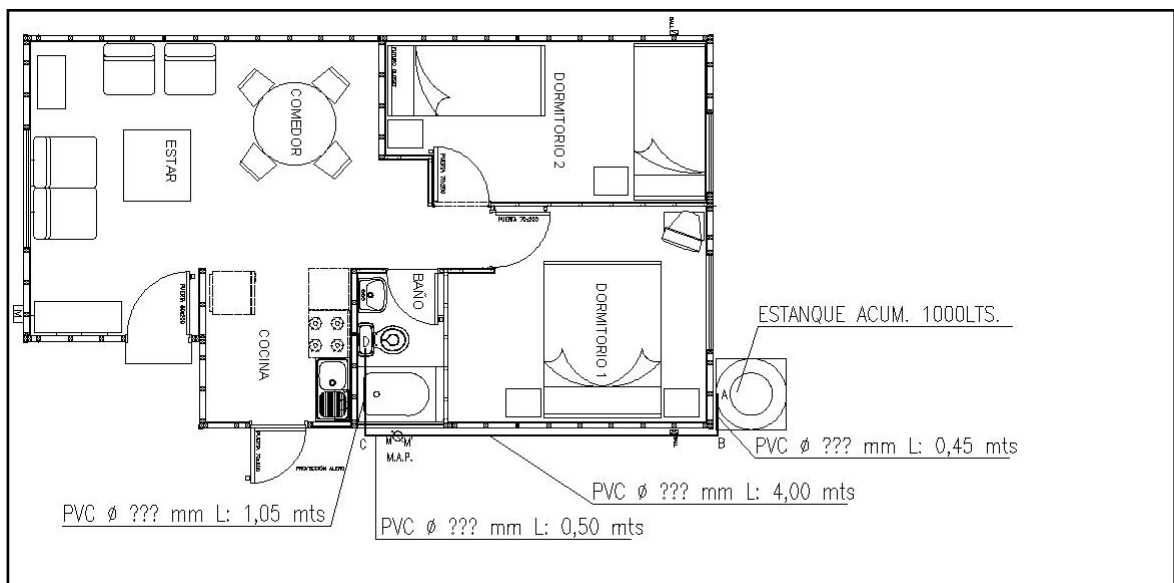
CAPITULO III.- Diseño y evaluación económica de sistema individual para una vivienda social.

3.1.- Descripción general del sistema individual para viviendas sociales.

3.1.1.- Introducción.

El sistema individual para una vivienda funciona gracias a la fuerza de gravedad. La recolección del agua proveniente de la cubierta de la vivienda, se realiza en un estanque a la altura de la cubierta, punto en el cual el agua cuenta con un potencial de fuerza que será usado para contrarrestar las fuerzas de oposición al movimiento del agua y así alimentar al WC sin problemas.

Figura N° 2: Distribución en planta de Red de agua recolectada.



Fuente: Socovesa, 2008.

El sistema se compone entonces tres partes: a) el sistema de recolección, que recolecta el agua y la conduce hacia el estanque de acumulación; b) el estanque de

acumulación, que almacena las aguas lluvias; c) la red de alimentación al WC y medición de aguas lluvias utilizadas.

3.1.2.- El sistema de Recolección y transporte

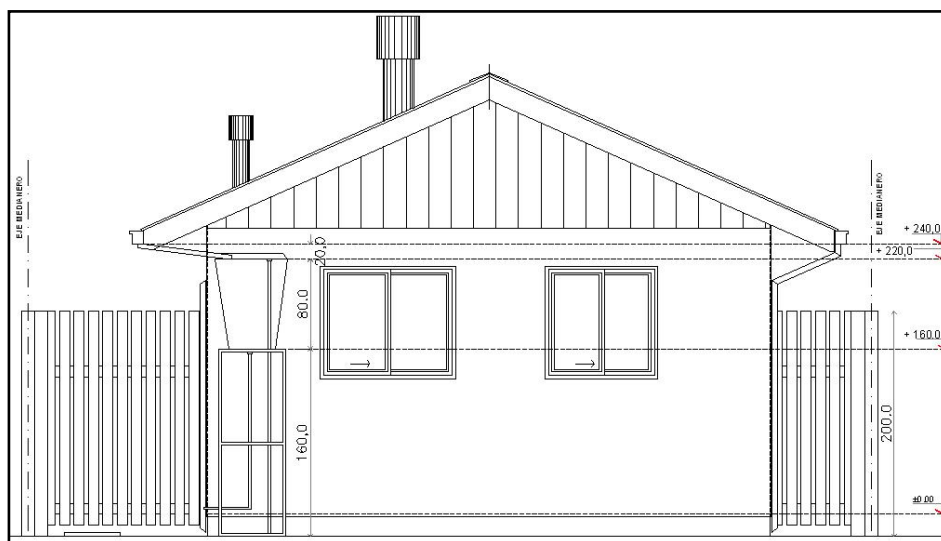
El sistema de recolección se inicia al momento que las aguas lluvias caen sobre la cubierta de la vivienda, el agua cae en las canales de aguas lluvias desde donde pasa a través de las bajadas de aguas lluvias a las canales adicionales de aguas lluvias a través de las cuales es conducida al estanque de acumulación de agua.

La cota inicial o del movimiento del agua es la altura de las canales de aguas lluvias.

Como el agua es transportada hacia el estanque de acumulación por la fuerza de gravedad, debe haber una diferencia de altura entre la cota de las canales y la cota del estanque. También se debe cumplir que las canales que llevan el agua lluvia hacia el estanque deben tener una pendiente suficiente para evitar la acumulación del agua, además de no tener obstrucciones al paso del agua, para lo cual deben permanecer limpias.

Considerando la vista posterior de la vivienda se tiene la siguiente distribución de alturas.

Figura N° 3: Esquema de alturas de la vista posterior de la Vivienda.



Fuente: SOCOVESA, 2008.

Para que la tercera parte del sistema también funcione gracias a la fuerza de gravedad, el estanque del WC deberá instalarse bajo el nivel inferior estanque, es decir 160 cm. del NPT (nivel de piso terminado). Esto se cumple fácilmente considerando un estanque estándar de altura aproximada 80 cm.

Para llevar a cabo la correcta instalación y ejecución del sistema se debe usar los materiales adecuados.

Los componentes del sistema de recolección son los siguientes:

- a) *Cubierta de la vivienda:* cubierta de planchas de Zinc-Alum acanalado, con una capa de pintura anticorrosiva y de terminación homogénea sin obstáculos en los valles de las ondas para evitar acumulación de impurezas.

- b) *Canal de agua lluvia:* que conduzca el agua caída en la techumbre hacia un estanque de acumulación, habrá canales a ambos costados de la vivienda que conducirán el agua hacia el estanque. Las canales de agua lluvia podrán ser de PVC o de Zinc-Alum.
- c) *Rejilla de protección de la canal:* cubriendo la canal de agua lluvia irá una rejilla desmontable que evite el ingreso de residuos sólidos a la canal, siendo ésta el primer filtro que tendrá el sistema. Este filtro está proyectado principalmente para evitar el ingreso de sólidos como hojas y/o similares al agua, y se instala sobre la canal debido a la facilidad que presenta su mantención y limpieza.

Para la rejilla de protección de la canal se utilizará una Malla Harnero N° 10 marca RGM, que se distribuye en paños de 1,00 x 1,60 m. Esta debe ser cortada en trozos de 0,15 x 1,00 m. para ser instalada sobre la canal. El largo de cada canal es de 9,90 m., or lo tanto la longitud total de la malla será de 19,80 m. Para esta vivienda se necesitan 2 mallas de 1,00 x 1,60m.

- d) *Bajada de aguas lluvias:* Estas bajadas están a ambos costados de la vivienda en su parte posterior. Toman el agua de las canales y la conducen a las canales adicionales de aguas lluvias. Las bajadas al igual que las canales de aguas lluvias pueden ser de PVC o de Zinc-Alum.
- e) *Codo adicional en las bajadas de aguas lluvias,* para direccionar las aguas de las canales hacia la parte posterior de la vivienda, en donde se instalará el estanque de acumulación. Esta pieza se hará de Zinc-alum. Para la confección de esta pieza se utiliza una plancha lisa de 1,00 x 1,00 mts.

- f) *Estanque de acumulación*: Estanque en el cual se acumulará el agua captada en la techumbre y que no será consumida inmediatamente. Este estanque podrá ser de fibra de vidrio u otro material que soporte la presión del agua y que proteja al agua de la contaminación. Este estanque de acumulación se instalará en el nivel más alto posible, siempre bajo el nivel de las bajadas de aguas lluvias. Esto es imprescindible para que el sistema funcione sólo con la acción de la gravedad. El estanque debe instalarse sobre una estructura resistente.

3.1.3.- Estanque de Acumulación

3.1.3.1. Introducción.

El estanque recibirá las aguas lluvias provenientes de las canales, su función es mantener el agua libre de residuos sólidos y acumular el agua caída que no es consumida inmediatamente.

3.1.3.2.- Selección del Estanque

Considerando los datos de precipitaciones en la ciudad de Valdivia, el tamaño de la superficie de recolección de la vivienda y el consumo diario de agua por WC que se genera en una vivienda tipo, se podrá calcular el volumen óptimo del estanque a utilizar.

Definido el volumen del estanque, con los datos obtenidos del registro proporcionado por la dirección meteorológica de Chile (Véase Anexo A) se determina la cantidad de días que podrá operar una casa con este sistema, ubicada en un lugar en el cual llueve de manera similar a la lluvia de diseño de este proyecto.

Se hizo el ejercicio con los estanques de $0,5 \text{ m}^3$, $1,0 \text{ m}^3$ y $1,5 \text{ m}^3$ generando una comparación entre el rendimiento de cada uno para determinar el volumen de estanque óptimo considerando tamaño y autonomía.

En las siguientes tablas se muestran los valores acumulados de cantidad de agua que contendría un estanque considerando un consumo diario de 160 litros (ver pág. 18) y una entrada de agua dada por la cantidad de agua lluvia recolectada diariamente.

Tabla N° 5: Cantidad de agua acumulada en un estanque de 0,5 m³, considerando lluvia caída y consumo diario de agua del WC.

ENERO	1	0,000	FEBRERO	0,000	MARZO	0,000	ABRIL	0,000	MAYO	0,500	JUNIO	0,340	
	2	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,500	0,180
	3	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,500	0,020
	4	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,340	0,020
	5	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,180	0,461
	6	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	0,500
	7	0,000		0,000		0,000		0,500		0,000		0,000	0,500
	8	0,000		0,000		0,000		0,500		0,336		0,000	0,500
	9	0,000		0,000		0,000		0,500		0,500		0,006	0,500
	10	0,000		0,000		0,000		0,500		0,500		0,122	0,500
	11	0,000		0,145		0,340		0,340		0,000		0,500	0,500
	12	0,000		0,000		0,180		0,500		0,017		0,500	0,500
	13	0,000		0,197		0,020		0,500		0,441		0,500	0,500
	14	0,000		0,500		0,000		0,340		0,441		0,500	0,500
	15	0,000		0,500		0,000		0,500		0,500		0,500	0,500
	16	0,000		0,340		0,000		0,500		0,340		0,500	0,500
	17	0,000		0,180		0,000		0,500		0,180		0,340	0,340
	18	0,000		0,000		0,000		0,500		0,020		0,500	0,386
	19	0,000		0,000		0,000		0,340		0,500		0,500	0,500
	20	0,000		0,000		0,500		0,180		0,180		0,500	0,500
	21	0,000		0,070		0,340		0,020		0,340		0,500	0,500
	22	0,500		0,000		0,180		0,000		0,000		0,180	0,500
	23	0,340		0,000		0,020		0,500		0,000		0,000	0,500
	24	0,180		0,000		0,055		0,340		0,000		0,340	0,340
	25	0,000		0,000		0,000		0,180		0,000		0,000	0,180
	26	0,000		0,000		0,000		0,020		0,000		0,000	0,020
	27	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	0,000
	28	0,000		0,000		0,000		0,017		0,000		0,000	0,000
	29	0,000		0,000		0,000		0,023		0,000		0,000	0,000
	30	0,000		0,000		0,000		0,174		0,500		0,500	0,000
	31	0,000		0,000		0,000		0,000		0,500		0,500	0,000

Continúa...

Continuación...

JULIO	0,273	AGOSTO	0,000	SEPTIEMBRE	0,000	OCTUBRE	0,000	NOVIEMBRE	0,000	DICIEMBRE	0,031
	0,500		0,000		0,500		0,104		0,000		0,101
	0,500		0,000		0,500		0,000		0,000		0,000
	0,500		0,278		0,500		0,133		0,000		0,000
	0,500		0,118		0,340		0,435		0,000		0,191
	0,500		0,000		0,450		0,275		0,000		0,296
	0,340		0,500		0,500		0,115		0,000		0,500
	0,180		0,340		0,500		0,000		0,203		0,340
	0,000		0,180		0,500		0,000		0,043		0,500
	0,000		0,020		0,340		0,000		0,000		0,340
	0,197		0,000		0,180		0,000		0,000		0,180
	0,500		0,500		0,020		0,238		0,099		0,020
	0,500		0,500		0,113		0,464		0,000		0,223
	0,500		0,500		0,000		0,304		0,000		0,063
	0,500		0,340		0,110		0,500		0,035		0,000
	0,500		0,180		0,296		0,500		0,500		0,000
	0,500		0,020		0,136		0,340		0,340		0,000
	0,500		0,000		0,153		0,500		0,180		0,000
	0,500		0,000		0,500		0,500		0,020		0,000
	0,500		0,500		0,500		0,500		0,000		0,000
	0,500		0,340		0,500		0,340		0,035		0,000
	0,500		0,500		0,340		0,180		0,035		0,000
	0,500		0,340		0,180		0,020		0,035		0,000
	0,500		0,363		0,020		0,500		0,035		0,000
	0,340		0,500		0,000		0,500		0,035		0,000
	0,180		0,500		0,000		0,500		0,035		0,000
	0,020		0,340		0,000		0,500		0,035		0,000
	0,020		0,180		0,000		0,500		0,035		0,000
	0,356		0,020		0,000		0,340		0,133		0,035
	0,196		0,000		0,000		0,180		0,191		0,226
	0,036		0,000		0,000		0,020				0,066

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 6: Cantidad de agua acumulada en un estanque de 1,0 m³, considerando lluvia caída y consumo diario de agua del WC.

ENERO	1	0,000	FEBRERO	0,000	MARZO	0,000	ABRIL	0,000	MAYO	0,818	JUNIO	0,733	
	2	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		1,000	0,573
	3	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		1,000	0,413
	4	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,840	0,253
	5	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,680	0,694
	6	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,520	0,862
	7	0,000		0,000		0,000		1,000		0,000		0,360	1,000
	8	0,000		0,000		0,000		1,000		0,336		0,200	1,000
	9	0,000		0,000		0,000		1,000		0,905		0,040	1,000
	10	0,000		0,000		0,000		1,000		1,000		0,156	1,000
	11	0,000		0,145		0,840		0,840		0,840		0,000	1,000
	12	0,000		0,157		0,680		1,000		1,000		0,013	1,000
	13	0,000		0,354		0,520		1,000		1,000		0,437	1,000
	14	0,000		1,000		0,360		1,000		1,000		0,277	1,000
	15	0,000		1,000		0,200		1,000		1,000		0,457	1,000
	16	0,000		0,840		0,040		1,000		1,000		0,491	1,000
	17	0,000		0,680		0,046		1,000		1,000		0,491	1,000
	18	0,000		0,520		0,000		1,000		1,000		0,491	1,000
	19	0,000		0,360		0,000		0,840		1,002		1,000	1,000
	20	0,000		0,200		0,702		0,680		1,000		1,000	1,000
	21	0,000		0,270		0,542		0,520		0,840		0,840	1,000
	22	1,000		0,110		0,382		0,360		0,680		0,680	1,000
	23	0,840		0,000		0,222		0,876		0,520		0,520	1,000
	24	0,680		0,000		0,062		0,716		0,360		0,360	0,840
	25	0,520		0,000		0,000		0,556		0,200		0,200	0,852
	26	0,360		0,000		0,000		0,396		0,040		0,040	0,692
	27	0,200		0,000		0,000		0,236		0,000		0,000	0,532
	28	0,040		0,000		0,000		0,076		0,000		0,000	0,372
	29	0,000		0,000		0,000		0,000		0,012		0,012	0,212
	30	0,000		0,000		0,000		0,151		0,626		0,626	0,052
	31	0,000		0,000		0,000		0,000		0,893		0,893	

Continúa...

Continuación...

JULIO	0,324	AGOSTO	0,000	SEPTIEMBRE	0,040	OCTUBRE	0,000	NOVIEMBRE	0,520	DICIEMBRE	0,000
	0,922		0,000		1,000		0,104		0,360		0,070
	1,000		0,000		1,000		0,110		0,200		0,093
	1,000		0,278		1,000		0,244		0,040		0,000
	1,000		0,278		1,000		0,545		0,000		0,191
	1,000		1,000		1,000		0,545		0,000		0,296
	0,840		1,000		1,000		0,545		0,000		0,000
	0,680		0,840		1,000		0,545		0,203		0,000
	0,520		0,680		1,000		0,545		0,226		0,360
	0,360		0,520		0,840		0,545		0,226		0,200
	0,557		0,360		0,680		0,545		0,226		0,040
	1,000		1,000		0,520		0,783		0,325		0,000
	1,000		1,000		0,613		1,009		0,325		0,203
	1,000		1,000		0,453		1,009		0,325		0,043
	1,000		0,840		0,563		1,000		0,360		0,000
	1,000		0,680		0,749		1,000		0,934		0,000
	1,000		0,520		0,589		1,000		0,934		0,000
	1,000		0,360		0,429		1,000		0,774		0,000
	1,000		0,200		1,003		1,000		0,614		0,000
	1,000		0,931		1,000		1,000		0,454		0,000
	1,000		0,948		1,000		0,840		0,294		0,000
	1,000		1,000		0,840		0,680		0,134		0,000
	1,000		1,000		0,680		0,520		0,000		0,000
	1,000		1,000		0,520		1,000		0,000		0,000
	0,840		1,000		0,360		1,000		0,000		0,000
	0,680		1,000		0,200		1,000		0,000		0,000
	0,520		0,840		0,040		1,000		0,000		0,000
	0,360		0,680		0,000		1,000		0,000		0,000
	0,200		0,520		0,000		1,000		0,099		0,035
	0,040		0,360		0,000		0,840		0,000		0,226
	0,000		0,200				0,680				0,066

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 7: Cantidad de agua acumulada en un estanque de 1,5 m³, considerando lluvia caída y consumo diario de agua del WC.

ENERO	1	0,000	FEBRERO	0,000	MARZO	0,000	ABRIL	0,000	MAYO	0,824	JUNIO	0,307		
	2	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	1,500	0,147
	3	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	1,500	0,000
	4	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	1,340	0,000
	5	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	1,180	0,441
	6	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	1,020	0,609
	7	0,000		0,000		0,000		1,334		0,000		0,000	0,860	1,500
	8	0,000		0,000		0,000		1,500		0,336		0,700	0,700	1,500
	9	0,000		0,000		0,000		1,500		0,905		0,706	0,706	1,500
	10	0,000		0,000		0,000		1,500		1,500		0,822	0,822	1,500
	11	0,000		0,145		0,145		1,500		1,500		0,662	0,662	1,500
	12	0,000		0,157		0,157		1,500		1,500		0,679	0,679	1,500
	13	0,000		0,354		0,354		1,340		1,500		1,103	1,103	1,500
	14	0,000		1,500		1,500		1,180		1,500		0,943	0,943	1,500
	15	0,000		1,500		1,500		1,020		1,500		1,122	1,122	1,500
	16	0,000		1,500		1,500		0,860		1,500		0,962	0,962	1,500
	17	0,000		1,340		1,340		0,700		1,500		0,802	0,802	1,500
	18	0,000		1,180		1,180		0,540		1,500		0,642	0,642	1,340
	19	0,000		1,020		1,020		0,380		1,340		1,153	1,153	1,500
	20	0,000		0,860		0,860		1,082		1,180		1,217	1,217	1,500
	21	0,000		0,700		0,700		0,922		1,020		1,057	1,057	1,500
	22	1,070		0,540		0,540		0,762		0,860		0,897	0,897	1,500
	23	0,910		0,380		0,380		0,602		0,700		0,737	0,737	1,500
	24	0,750		0,220		0,220		0,442		0,540		0,577	0,577	1,340
	25	0,590		0,060		0,060		0,282		0,380		0,417	0,417	1,352
	26	0,430		0,000		0,000		0,000		0,220		0,257	0,257	1,192
	27	0,270		0,000		0,000		0,000		0,060		0,097	0,097	1,032
	28	0,110		0,000		0,000		0,000		0,000		0,000	0,000	0,872
	29	0,000		0,000		0,000		0,000		0,006		0,000	0,000	0,712
	30	0,000		0,000		0,000		0,000		0,157		0,000	0,000	0,552
	31	0,000		0,000		0,000		0,000		0,000		0,267	0,267	

Continuación...

Continuación...

JULIO	0,824	AGOSTO	0,876	SEPTIEMBRE	0,540	OCTUBRE	0,000	NOVIEMBRE	1,055	DICIEMBRE	0,000
	1,422		0,716		1,500		0,104		0,895		0,070
	1,500		0,556		1,500		0,110		0,735		0,093
	1,500		0,835		1,500		0,244		0,575		0,093
	1,500		0,835		1,500		0,545		0,415		0,284
	1,500		1,500		1,500		0,385		0,255		0,389
	1,340		1,500		1,500		0,225		0,095		0,615
	1,180		1,340		1,500		0,065		0,298		0,455
	1,020		1,180		1,500		0,000		0,138		0,814
	0,860		1,020		1,500		0,000		0,000		0,654
	1,057		0,860		1,340		0,000		0,000		0,494
	1,500		1,500		1,180		0,238		0,099		0,334
	1,500		1,340		1,273		0,464		0,000		0,537
	1,500		1,180		1,113		0,464		0,000		0,377
	1,500		1,020		1,223		1,500		0,035		0,217
	1,500		0,860		1,409		1,500		0,609		0,057
	1,500		0,700		1,249		1,340		0,449		0,000
	1,500		0,540		1,266		1,500		0,289		0,000
	1,500		0,380		1,500		1,500		0,129		0,000
	1,500		1,111		1,500		1,500		0,000		0,000
	1,500		1,128		1,500		1,340		0,035		0,000
	1,500		1,500		1,340		1,180		0,000		0,000
	1,500		1,340		1,180		1,020		0,000		0,000
	1,500		1,180		1,020		1,500		0,000		0,000
	1,500		1,511		0,860		1,500		0,000		0,000
	1,340		1,500		0,700		1,500		0,000		0,000
	1,180		1,340		0,540		1,500		0,000		0,000
	1,020		1,180		0,380		1,500		0,000		0,000
	1,356		1,020		0,220		1,340		0,099		0,035
	1,196		0,860		0,060		1,180		0,157		0,226
1,036	0,700		1,020		0,226						

Fuente: Elaboración Propia.

De las tablas anteriores, se concluye que:

- Con el estanque de $0,5 \text{ m}^3$ de capacidad, el estanque permanecerá sin agua por 145 días.
- Con el estanque de $1,0 \text{ m}^3$ de capacidad, el estanque permanecerá sin agua por 102 días.
- Con el estanque de $1,5 \text{ m}^3$ de capacidad, el estanque permanecerá sin agua por 91 días.
- El estanque de $1,5 \text{ m}^3$ en el aspecto constructivo genera una difícil instalación, ya que su altura no permite el correcto funcionamiento de la recolección por gravedad.
- La diferencia de días vacío entre los dos últimos es proporcionalmente mucho menor a la diferencia de volumen entre ellos.
- Con el estanque de $1,0 \text{ m}^3$ lleno, se logra una autonomía de 7 días sin precipitaciones, según el consumo diario obtenido anteriormente (Véase Tabla N° 4).
- Con los datos obtenidos se elige como mejor opción el estanque de $1,0 \text{ m}^3$ o 1000 litros.

Por seguridad, este estanque debe tener un rebalse que permita purgar el agua en los momentos en que se llene. Se utilizará un estanque marca Infraplast de $1,0 \text{ m}^3$ (Sodimac, 2008).

La cantidad de agua de lluvia efectivamente utilizada por el sistema corresponderá entonces al producto entre el consumo diario del WC (160 litros) y la cantidad de días en que el estanque está con agua.

3.1.4. Conexión entre Estanque de Acumulación y WC.

Continuando con el recorrido del agua lluvia, esta sale desde el estanque de acumulación seleccionado y se dirige mediante tuberías de PVC hacia el WC. En el trayecto es necesario instalar un medidor de agua para medir el consumo efectivo de agua lluvia que se utiliza para las descargas y poder contabilizar el flujo de agua hacia la red de alcantarillado público para su posterior tratamiento y disposición final. Esto fue consultado con el señor Ricardo Rosales, Jefe del Departamento de explotación de Aguas Décimas S.A. (Valdivia).

Esto debido a que el tratamiento de aguas negras se cobra proporcional al consumo de agua potable registrada mes a mes, por lo tanto debe disponerse de un sistema de medición de las aguas lluvias utilizadas en el WC.

Y finalmente la red culmina con el WC, el cual deber ser de determinadas características para poder funcionar sólo con la presión que adquiere el agua por la fuerza de gravedad.

Figura N° 4: Combinación de llaves de paso a la llegada del WC.



Fuente: Elaboración propia.

3.1.5.- Selección del WC.

La selección del WC se basa principalmente en la elección de la válvula de admisión del agua del estanque, ya que debe ser una válvula que pueda funcionar con presión mínima.

Para saber cuál es el WC y válvula adecuados para el sistema de reutilización se realizó la siguiente experiencia:

3.1.5.1.- Experiencia con válvula de admisión Universal.

La válvula de admisión Universal es una válvula antisifónica para estanques de polipropileno inyectado con entrada de agua inferior de 15/16" (permite llenado del estanque).

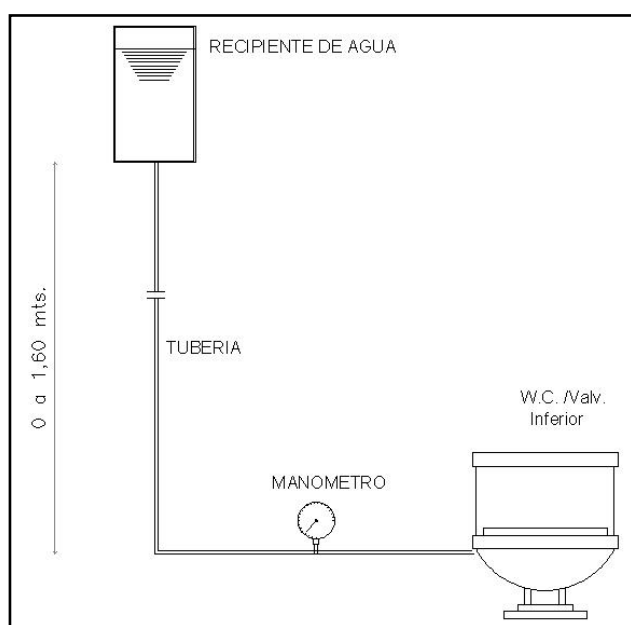
Figura N° 5: Válvula de admisión inferior, 15/16", Elaplas instalada.



Fuente: Elaboración Propia.

Para la realización de esta prueba se confeccionó una red en la cual los componentes son: Un recipiente para el agua con salida inferior, una manguera para conducir el agua desde el recipiente (Véase Fig. N° 15), una llave de paso para controlar la descarga de agua, un manómetro para medir la presión que se logra en la red (Véase Fig. N° 16), llave de paso angular que se usa para alimentar el WC y un flexible el cual entrega el agua al WC.

Figura N° 6: Esquema de ensayo con Válvula de admisión Universal.



Fuente: Elaboración Propia.

Levantando el recipiente con 16 litros de agua gradualmente desde el suelo hasta los 2,90 metros de altura medidos desde el suelo al nivel superior del agua, la válvula del estanque no se abrió con la presión generada por el agua a 2,90 metros de altura.

Para obtener la presión mínima que debe tener la red para que se abra la válvula universal de admisión inferior y comience el llenado del estanque, se conectó el sistema de medición a la red de agua potable domiciliaria, y regulando el caudal con la llave de paso general de la red domiciliaria se determinó que la válvula de admisión inferior se abre con

un mínimo de 10 lb/in², lo que es igual a 0,7 kg/cm² o igual a 7 m.c.a. El manómetro utilizado para estas mediciones es un manómetro marca IMPAC, graduado en dos escalas, una que va de 0 a 21 Kg/cm² y otra escala que va de 0 a 300 lb/in².

Debido a que la diferencia entre el nivel mínimo del estanque recolector de aguas lluvias y el estanque del WC es de 1,6 metros, se concluye que el sistema propuesto no es factible de instalar si el WC cuenta con una válvula de admisión inferior Universal ya que esta última requiere de una presión mínima de 7 m.c.a. para funcionar correctamente.

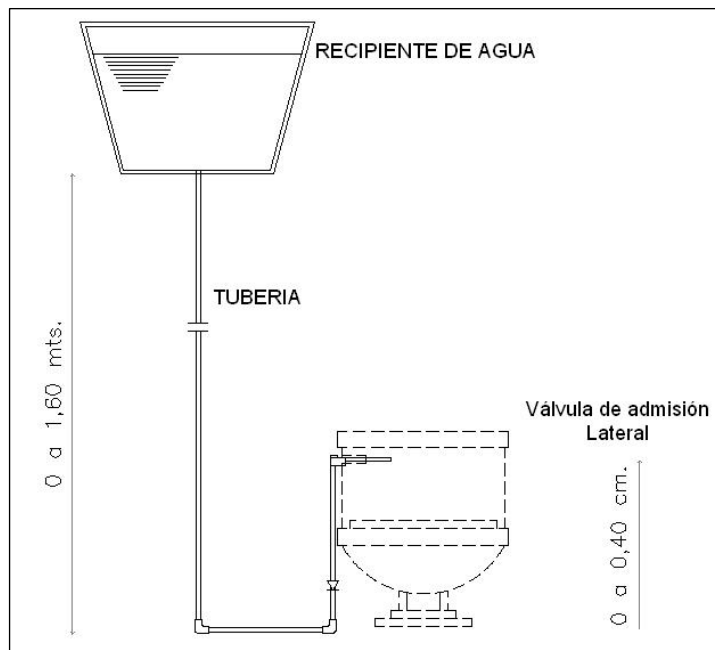
De lo anterior se hace necesario seleccionar otro tipo de válvula, cuya prueba se muestra a continuación.

3.1.5.2.- Experiencia realizada con Válvula de admisión tipo Avon 3/8", marca Grifesa.

A diferencia del sistema de válvula Universal, la válvula Avon es del tipo "normal abierta". Todas las veces que el flotador de la válvula se encuentre bajo su eje ésta se encontrará siempre abierta, es decir no se requiere de presión inicial del agua para abrir la válvula.

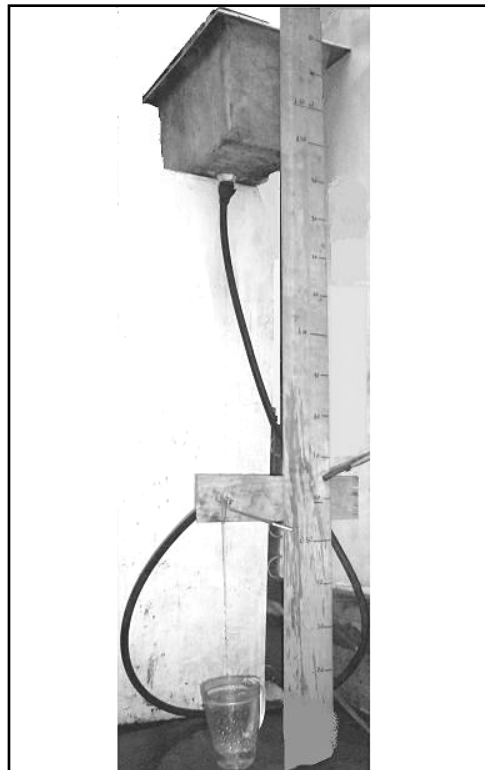
El ensayo de esta válvula se realizó con un recipiente de acumulación, en este caso un estanque de fibra de vidrio de 50 litros, al cual se le colocó 15 litros de agua. El nivel superior del agua se ubicó a una altura de 1,60 metros, simulando la altura mínima que tendrá el agua en el estanque de acumulación.

Figura N° 7: Esquema del sistema con Válvula de admisión Lateral.



Fuente: Elaboración propia.

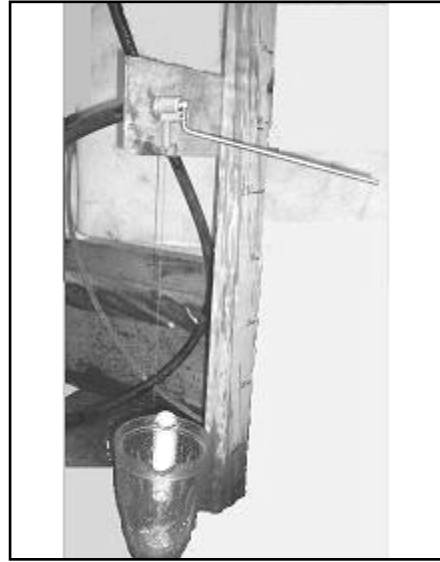
Figura N° 8: Sistema ideado para verificar pérdida en válvula Avon.



Fuente: Elaboración Propia.

Con el sistema propuesto se realizaron tres mediciones de caudal, colocando la válvula a una altura de 0,60 m. con respecto al nivel del suelo, y manteniendo en 1,60 m. el nivel de agua del recipiente.

Figura N° 9: Vista lateral válvula de admisión lateral tipo Avon.



Fuente: Elaboración Propia.

En esta posición se registraron tres mediciones de caudal, tomando el tiempo que se demoraba en llenar un vaso precipitado de 1 litro con agua salida de la válvula producto de la gravedad.

Los datos obtenidos son los siguientes:

Registro 1: 42,22 seg.

Registro 2: 45,25 seg.

Registro 3: 41,35 seg.

Con estos datos se obtiene un promedio de 42,94 segundos. Esto corresponde a un caudal de $Q = 1,40$ litros por minuto. Si se considera la tubería usada de 3/8", la velocidad que se obtiene es de 0,338 m/s.

El caudal antes obtenido se tendría sin considerar los otros componentes que tendrá el sistema de alimentación, entre el estanque acumulador y la válvula: Tramos adicionales de tuberías, piezas especiales como codos, llaves de paso, válvula de retención y medidor de caudal.

De esta experiencia se determina el coeficiente ($K_{val.}$) de la válvula y considerando la totalidad de las pérdidas se obtendrá el caudal que tendrá efectivamente la instalación.

La válvula utilizada será la de admisión lateral tipo Avon instalada en un WC de polipropileno inyectado de entrada lateral. (Sodimac, 2010).

3.1.6.- Determinación del Coeficiente de Pérdida de carga de Válvula Avon.

La experiencia realizada se efectuó según lo detallado en la figura N° 8. utilizando un recipiente elevado a 1,60 mt. conectado a una válvula Avon ubicada a 0,60 mt. del suelo unidas mediante una tubería de diámetro interior 3/8”.

Los datos relevantes para la determinación de las pérdidas son el caudal obtenido y el diámetro de la tubería.

$$Q = 1,40 \text{ Lt/min.}$$

$$D = 3/8'' = 9,4 \text{ mm.}$$

De la ecuación de Bernoulli se tiene:

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + \text{pérdidas}(1, 2)$$

Basándose en el esquema de la experiencia (figura N° 7), el punto 1 es el nivel de agua en el recipiente de agua, el cual tiene las condiciones siguientes:

$$h_1: 1,60 \text{ mts.}$$

$$v_1: 0 \text{ m/seg.}$$

$$P_1: 0; \text{ (presión atmosférica relativa)}$$

De la misma manera se considera el punto 2 del sistema, como el punto en que el agua sale de la válvula de admisión en el estanque de W.C., en el que se tiene:

$$h_2: 0,60 \text{ mts.}$$

$$v_2: 0,338 \text{ m/seg.}^1$$

$$P_2: 0;$$

Pérdidas (1,2): Pérdidas generadas en el trayecto de la tubería entre el punto 1 y el 2. Dato que en este momento es incógnita debido a que desconoce el valor K de la válvula Avon.

$$\begin{aligned}
 & 1,60 \text{ [mts]} + \frac{0 \text{ [m}^2\text{/s}^2\text{]}}{2 \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}} + \frac{0 \text{ [Kg/m}^2\text{]}}{1000 \text{ [Kg/m}^3\text{]}} = \\
 & = 0,60 \text{ [mts]} + \frac{0,114 \text{ [m}^2\text{/s}^2\text{]}}{2 \cdot 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}} + \frac{0 \text{ [Kg/m}^2\text{]}}{1000 \text{ [Kg/m}^3\text{]}} + \text{Pérdidas (1,2)}
 \end{aligned}$$

$$1,60 \text{ [mts]} = 0,60 \text{ [mts]} + 0,0058 \text{ [mts]} + \text{Pérdidas (1,2)}$$

$$\text{Pérdidas (1,2)} = 1,60 - 0,60 - 0,0058 \text{ [mts]}$$

$$\text{Pérdidas (1,2)} = 0,9942 \text{ [mts]}$$

Las pérdidas producidas en el circuito utilizado en la experiencia suman un total de 0,9942 [mts], lo cual es la suma de las pérdidas por singularidades en el sistema, por roce en la tubería y por el paso en la válvula de admisión lateral.

Entonces se tiene:

$$\text{Pérdidas (1,2)} = J_s + J_{\text{tub.}} + J_{\text{valv.}}$$

Siendo:

J_s : Pérdida producto de las singularidades. (Existe una salida inferior de estanque)

$J_{\text{tub.}}$: Pérdidas producto del roce del agua con la tubería

$J_{\text{valv.}}$: Pérdida producto de la Válvula.

¹: Para efectos del cálculo de Coeficiente de pérdida de carga de la válvula. ($K_{\text{valv.}}$) se ha asumido una velocidad de salida igual a la velocidad de circulación del agua a través de la tubería, obtenida anteriormente.

$$\text{Pérdidas (1,2)} = K_s \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} + J_{\text{tub.}} + K_{\text{valv.}} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Evaluando cada pérdida independientemente se tiene:

- a) Pérdida en singularidad de entrada normal a tubería (salida de estanque) $K = 0,5$.
(INN, 2000).

$$J_s = \frac{K_s \cdot V^2}{2 \cdot g}$$

$$J_s = 0,50 \cdot \frac{(0,338)^2 [\text{m}^2/\text{s}^2]}{2 \times 9,81 [\text{m}/\text{s}^2]}$$

$$J_s = 0,50 \cdot 0,0058 [\text{mts}]$$

$$J_s = 0,0029 [\text{mts}]$$

- b) Pérdidas producto del roce en la tubería.

Según norma NCh 2485 of. 2000, para tuberías de agua fría y diámetro menores a 100 mm. la determinación de pérdida de carga se realiza mediante la formula de Fair-Whipple-Hsiao:

$$J = 676,745 \cdot Q^{1,751} / D^{4,753}$$

Siendo:

J = pérdida de carga unitaria en las tuberías (m/m);

Q = caudal máximo probable (L/min); al ser un solo artefacto debe ser igual al caudal instalado (INN, 2000).

D = diámetro interior real (mm).

Entonces:

$$J_{\text{tub.}} = 676,745 \cdot (1,40 \text{ [lts/min]})^{1,751} / (9,4 \text{ [mm]})^{4,753}$$

$$J_{\text{tub.}} = 676,745 \cdot 1,802 / 4166,667$$

$$\mathbf{J_{\text{tub.}} = 0,0293.}$$

La tubería usada tiene un largo de 2,00 mts. Por lo tanto la pérdida total en tubería es de:

$$\mathbf{J_{\text{tub.}} = 0,0293 \cdot 2,00 \text{ mt.}}$$

$$\mathbf{J_{\text{tub.}} = 0,0586 \text{ mt.}}$$

c) Pérdida de carga por la válvula Avon.

Para obtener la pérdida de carga de cualquier singularidad es necesario conocer el valor K de la singularidad, la cual para el caso de la válvula Avon no tenemos. Por lo que es necesario obtenerla.

Entonces, se tiene que:

$$\text{Pérdidas (1,2)} = J_s + J_{\text{tub.}} + J_{\text{valv.}} \quad (1)$$

$$\text{Pérdidas (1,2)} = 0,9942 \text{ [mts]} \quad (2)$$

Igualando (1) y (2);

$$J_s + J_{\text{tub.}} + J_{\text{valv.}} = 0,9942 \text{ [mts]} \quad (3)$$

Del los cálculos anteriores se tiene que:

$$\mathbf{J_s = 0,0029 \text{ [mts]}}$$

$$\mathbf{J_{\text{tub.}} = 0,0586 \text{ mt.}}$$

$$J_{\text{valv.}} = \frac{K_{\text{valv.}} \cdot V^2}{2 \cdot g}$$

Reemplazando todos los valores anteriores en la ecuación (3) queda lo siguiente:

$$0,0029 \text{ [mts]} + 0,0586 \text{ mt.} + \frac{K_{\text{valv.}} \cdot V^2}{2 \cdot g} = 0,9942 \text{ [mts]}$$

$$K_{\text{valv.}} \cdot 0,0058 \text{ mt.} = 0,9942 - 0,0029 - 0,0586$$

$$K_{\text{valv.}} = 0,9327 / 0,0058$$

$$K_{\text{valv.}} = 160,81.$$

3.1.7 Determinación del Caudal del Sistema.

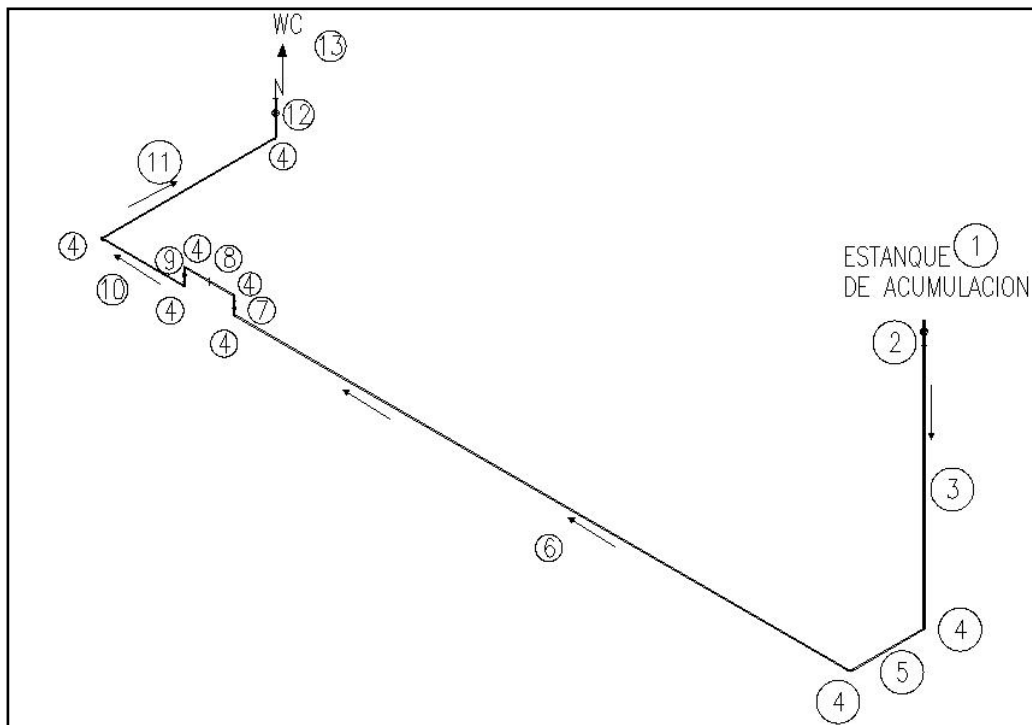
Una vez obtenido el valor del coeficiente K de la válvula, se puede obtener el caudal teórico que tendrá el sistema cuando entre en funcionamiento.

En el sistema se utilizará tubería de ½" de PVC ($\Phi=20\text{mm}$. $e=1,5\text{mm}$., $\Phi_{\text{int}}=17\text{mm}$.), y como el objetivo de este cálculo es encontrar el valor del Caudal Q , este será un incógnita y todos los valores será en función de Q , posteriormente se resolverá esta ecuación mediante iteración.

Entonces se tiene la siguiente distribución de las pérdidas basadas en la Ecuación de Bernoulli y haciendo referencia a las alturas y presiones mostradas en la Figura N° 12.

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + \text{pérdidas}(1, 2)$$

Figura N° 10.1: Esquema Isométrico de partes de red individual.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 10.2: Esquema Isométrico de partes de red individual.

①	ESTANQUE DE ACUMULACION
②	LLP Ø 19 mm. Salida Est.
③	PVC Ø 19 mm. L= 1,60 mm.
④	Codo 90° PVC Ø 19 mm.
⑤	PVC Ø 19 mm. L= 0,45 mm.
⑥	PVC Ø 19 mm. L= 3,50 mm.
⑦	LLP Ø 19 mm. ENTRADA M.A.P.
⑧	M.A.P. Ø 19 mm.
⑨	LLP Ø 19 mm. SALIDA M.A.P.
⑩	PVC Ø 19 mm. L= 1,00 mm.
⑪	PVC Ø 19 mm. L= 0,60 mm.
⑫	LLP Ø 19 mm. ENTRADA WC.
⑬	VALV. RETENCION
⑭	ESTANQUE WC.

Fuente: Elaboración Propia.

Entonces la ecuación queda de la siguiente manera:

$$1,60 \text{ [mts]} = 0,60 \text{ [mts]} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \text{Pérdidas (1,2)}$$

Siendo:

$$\text{Pérdidas (1,2)} = \text{Pérd. Regulares en Tubo} + \text{Pérd. Singulares}$$

a) Pérdidas Regulares en tubo

Entonces para obtener las pérdidas Regulares en tubo se utilizó la siguiente fórmula Fair-Whipple-Hsiao (INN, 2000).:

$$\mathbf{J = 676,745 \cdot Q^{1,751} / D^{4,753}}$$

Siendo:

J = pérdida de carga unitaria en las tuberías (m/m);

Q = caudal máximo probable (L/min);

D = diámetro interior real (mm).

Entonces:

$$J_{\text{tub.}} = 676,745 \cdot (Q \text{ [lts/min]})^{1,751} / (17 \text{ [mm]})^{4,753}$$

$$J_{\text{tub.}} = 676,745 \cdot (Q \text{ [lts/min]})^{1,751} / 4166,667$$

$$\mathbf{J_{\text{tub.}} = 0,00096 \cdot (Q \text{ [lts/min]})^{1,751}}$$

De la figura N° 12 se extrae que el sistema tiene un total de 7,75 mts. de tubería, por los cuales se obtiene una pérdida de:

$$\mathbf{J_{\text{tub.}} = 0,00096 \text{ [1/mm]} \cdot (Q \text{ [lts/min]})^{1,751} \cdot 7,75 \text{ [mt].}$$

$$\mathbf{J_{\text{tub.}} = 0,00744 \text{ [mt/mm]} \cdot (Q \text{ [lts/min]})^{1,751}}$$

a) Pérdidas por las singularidades del sistema.

En un primer caso las pérdidas son producidas por las piezas especiales utilizadas en el sistema, estas piezas son: codos, llaves de paso, salida de estanque, etc.

Las pérdidas singulares (excepto MAP y de la válvula Avon) se determinaran mediante lo expresado en norma NCh 2485 of 2000.

$$J_s = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

En donde:

J_s : Pérdida singular [m.c.a.].

V: Velocidad de escurrimiento [m/s].

g: Aceleración de gravedad 9,81 [m/s²].

K: Coeficiente de pérdida de carga singular que depende de las características específicas de cada pieza especial (Véase Anexo E).

$V^2 / 2g$ = altura de velocidad.

Nuestro sistema cuenta con el siguiente listado de singularidades:

- 1 Entrada recta a red del estanque (K = 0,5).
- 4 llaves de paso tipo Bola. (K = 0,2; cada una).
- 9 Codos 90° PVC SO-SO, $\phi = 20$ mm.(K = 0,9; cada uno).
- 1 Medidor de Agua Potable (MAP) de 19 mm. (cálculo de pérdida independiente)
- 1 válvula de retención antes del W.C.
- 1 TEE paso Recto (K = 0,6).
- 1 Válvula Avon de Admisión lateral. (cálculo de pérdida independiente)

Tabulando toda la información de las singularidades con coeficientes asignados directamente a la altura de velocidad se tiene lo siguiente:

Tabla N° 8: Coeficientes de pérdidas singulares.

Pieza	Coef. K	Cantidad	ΣK
Entrada recta a red	0,50	1	0,5
Válv. Paso tipo Bola	0,20	4	0,8
Codo 90° SO-SO	0,90	9	8,1
Válv. Retención	2,50	2	2,5
TEE paso recto	0,60	1	0,6

ΣK Total	12,5
------------------------------------	-------------

Fuente: Elaboración propia.

Luego reemplazando en la fórmula antes mencionada se tiene lo siguiente:

$$J_s = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Como todo queda en función de Q en [m³/seg] se tiene $V = Q / A$. con la tubería que se instalará ($\Phi_{int}=17\text{mm.}$) en el sistema la velocidad queda $V^2 = Q^2 / 0,0000000515$.

$$J_s = 12,5 \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,0000000515}$$

$$J_s = 12.366.185,088 \cdot Q[\text{m}^3/\text{seg}]^2$$

c) Pérdida en Medidor de Caudal.

Siguiendo el trayecto del caudal en el sistema se encuentra el Medidor de Agua Potable (MAP), para el cual la pérdida está dada por la siguiente fórmula considerada por el RIDAA para medidores de diámetro menor a 38 mm., en este caso se utiliza medidor de ¾” “Medidor de agua TM. 3/4” Rosca igual. - ACTARIS” (EASY, 2010).

$$J_{\text{map}} = 0.036 \cdot \frac{Q^2}{C^2}$$

$$J_{\text{map}} = 0.036 \cdot \frac{Q^2}{5^2}$$

$$\boxed{J_{\text{map}} = 0,00144 \quad Q [\text{Lts/min}]^2}$$

En que:

Q: Caudal que pasará por el medidor en L/min.

C: Capacidad máxima del medidor en m³/día, que para d=19 mm. C = 5 m³/día.

K: Pérdida de carga en m.c.a.

Finalmente la última pieza utilizada en el sistema es la válvula Avon de diámetro 3/8”, de la que ya se obtuvo en valor del coeficiente de pérdida K = 160,81.

Entonces se tiene lo siguiente:

$$J_{\text{Valv}} = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

De la misma manera que antes todo queda en función del caudal Q [m³/seg], para esto es necesario dejar la velocidad en función del caudal, ($\Phi_{int} = 7,5$ mm.) en el sistema la velocidad queda $V_2 = Q / 0,000227$.

Entonces:

$$J_{Valv} = 160,81 \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,000000002}$$

$$J_{Valv} = 4.199.420.977,020 \cdot Q \text{ [m}^3\text{/seg]}^2$$

Recapitulando todos los valores obtenidos y dejando todo en función de Q en [m³/seg] se tiene la siguiente igualdad:

$$1,00 \text{ [mts]} = \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + \text{Pérdidas (1,2)}$$

$$1,00 \text{ [mts]} = 0,00744 \cdot (60.000 \cdot Q)^{1,751} + 0,00000101 \cdot Q^2 + 12.366.185,088 \cdot Q^2 + 0,00144 \cdot (60.000 \cdot Q)^2 + 4.199.420.977,020 \cdot Q^2$$

Al resolver esta ecuación iterando da como resultado:

$$Q = 1,5349E-05 \text{ M}^3\text{/seg.}$$

$$Q = 0,92097 \text{ Lt/min.}$$

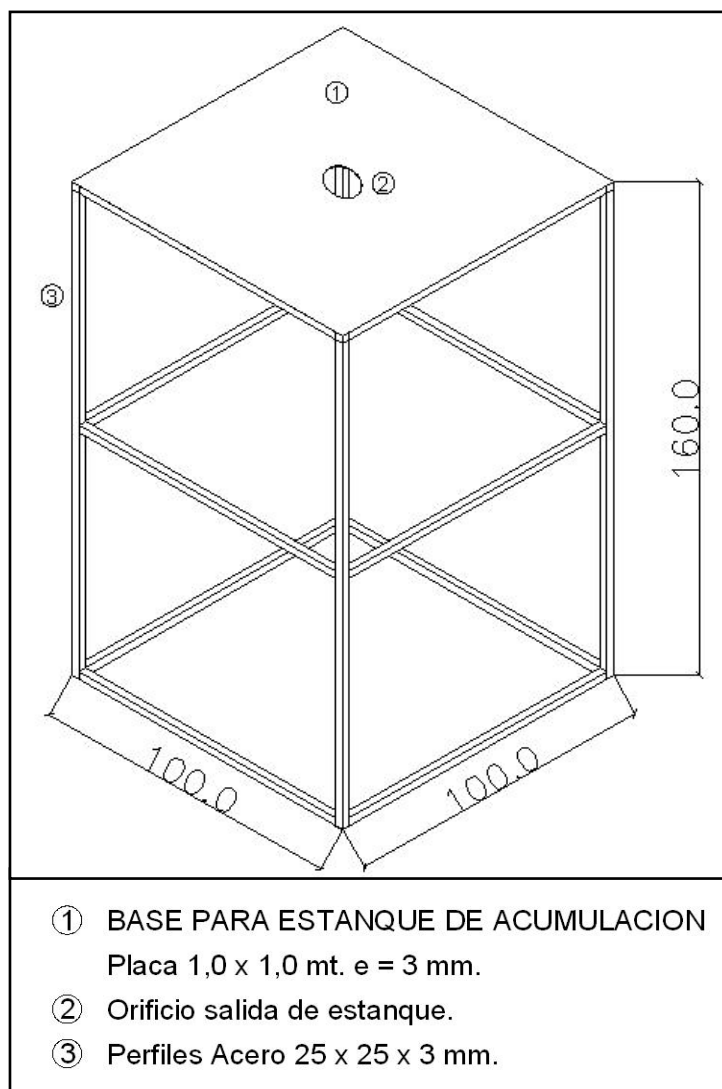
Entonces el caudal de nuestro sistema es de 0,92097 Lt/min.

3.1.8.- Estructura Resistente para el Estanque

Estructura ubicada en la parte posterior de la vivienda sobre la cual se instalará el estanque de acumulación. Será construida con perfiles de Acero. Perfil Cuadrado 25 x 25 x 3 mm. protegidos posteriormente con pintura anticorrosiva.

La base en donde se colocará este estanque se fabricará de acero con perfil cuadrado de 25x25x1.0 mm. En la confección de esta estructura se usan en total 4 tiras de 6 metros cada una, quedando la estructura de la siguiente manera:

Figura N° 11: Estructura Resistente del Estanque.



Fuente: Elaboración Propia.

3.2.- Evaluación Económica del Sistema de Recolección individual.

3.2.1.- Costos de inversión.

Los costos de inversión en materiales y mano de obra son los que se indican a continuación según presentado en Especificaciones Técnicas (Ver Anexo F):

Tabla N° 9: Detalle de precios unitarios y precio total de la implementación del sistema en una vivienda.

ITEM	MATERIAL	CANTIDAD	PRECIO UNIT.*	PRECIO TOTAL
1.	Sistema de Recolección			
1.1.1.	Malla Harnero 1,0x1,5 [m]	2	\$ 3.090	\$ 6.180
1.2.	Codo adicional Zinc-Alum.	2	\$ 2.255	\$ 4.510
2.	Sistema de Acumulación			
2.1.	Perfil Cuadrado 25x25x1	4	\$ 5.520	\$ 22.080
2.2.	Estanque de Acum. 1,0 m3	1	\$ 97.990	\$ 97.990
3.	Sistema de Conducción			
3.1.1.	Salida estanque 25mm x 3/4"	1	\$ 690	\$ 690
3.2.	Tubo pvc-p c16 20x6000mm cem	5	\$ 900	\$ 4.500
3.3.	Válvula bola paso total. 3/4" metal	4	\$ 2.490	\$ 9.960
3.4.	Válvula retención s/filtro 3/4plg.	1	\$ 3.090	\$ 3.090
3.5.	Codo PVC-P 90° de 20 x 20 mm	9	\$ 62	\$ 558
3.6.	Terminal PVC presión 20 mm. x	8	\$ 53	\$ 424
3.7.	Medidor agua 1/2" con union	1	\$ 24.698	\$ 24.698
3.8.	Valv. Avon 3/8" eje Corto	1	\$ 3.590	\$ 3.590
4.	Accesorios.			
4.1	Adhesivos para PVC super rápido,	2	\$ 1.598	\$ 3.196
4.2	Teflon	3	\$ 368	\$ 1.104
5.	Mano de Obra **			
5.1.	Instalación de red Conducción	1	\$ 50.000	\$ 50.000
	TOTAL			\$ 232.570

Fuente: Elaboración propia.

*: Precios unitarios de Materiales actualizados en www.sodimac.cl.

** : Cotización presentada al Sr. Martín Cárcamo, Contatista de Oras Menores.

Entonces se tiene que la implementación del sistema de recolección de aguas lluvias en una Vivienda considerando los materiales y obra de mano, en total tendrá un costo de \$ 232.570.-

3.2.2.- Sistema de Tarificación.

Se requiere de un sistema de tarifado adicional al de consumo de agua potable y alcantarillado que se realiza normalmente por la compañía prestadora del servicio.

Como es sabido, la empresa prestadora de servicios sanitarios cobra el tratamiento de aguas servidas basándose en la cantidad de metros cúbicos de consumo de agua potable. Como en el sistema propuesto se evita la utilización de agua potable cierta cantidad de días por concepto de uso de WC y estas aguas negras generadas serán enviadas a la red de alcantarillado, se hace necesario medir la cantidad de aguas lluvias que serán utilizadas en el WC e informar mediante un sistema transparente a la empresa prestadora de los servicios sanitarios los m³ utilizados.

Para ello es que se instala un medidor de agua potable entre el estanque de acumulación de aguas lluvias y el WC, para que la empresa pueda realizar el cobro adicional de las aguas negras descargadas en la vivienda.

En referencia a las tarifas cobradas por Aguas Décimas S.A. por metro cúbico de agua potable utilizado y de metro cúbico de aguas negras tratadas son las siguientes:

- Agua Potable	\$ 359,47.-
- Alcantarillado con Tratamiento	\$ 519,68.-

Estas tarifas son proporcionadas por Aguas Décimas S.A. y están en referencia a los siguientes cuerpos legales:

- Decreto con Fuerza de Ley N°70/88 del Ministerio de Obras Públicas,
- Decreto Supremo N° 453/89 y
- Decreto N° 84/04 del Ministerio de Economía.

Por lo tanto, por cada m³ de aguas lluvias utilizadas en el WC el usuario debería pagar \$ 519, 68.

3.2.3.- Evaluación Económica del Sistema.

En primer lugar, se analizará la situación con el estanque de 1 m³. Considerando que la cantidad de días en que el agua del WC proviene de la lluvia en la ciudad de Valdivia se estima en 263 días, el consumo total de agua recolectada será 42.080 litros, es decir 42 m³ al año.

Por cada m³ de agua de lluvia utilizada en el WC se ahorra un m³ de agua potable. Considerando los valores proporcionados por Aguas Décimas, el ahorro anual que se tendrá será:

$$\$ 359,47 / \text{m}^3 \cdot 42 \text{ m}^3 / \text{año}$$

\$ 15098 al año.

Si la inversión inicial es de \$ 232.570.- y el ahorro anual es de \$ 15.098, la inversión se recuperara en 15 años y 5 meses.

Al evaluar los valores de inversión y ahorro con variadas tasas de interés, se tiene lo siguiente:

Tabla N° 10: Inversión v/s Ahorro con Tasa de interés 0%.

Tasa de Interés

0,00%

AÑO		1	2	3	4
Inversión	\$ 232.570				
Costo Operación					
Ahorro		\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
Flujo Neto Actualizado		\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
FLUJO ACUMULADO	\$ (232.570)	\$ (217.472)	\$ (202.374)	\$ (187.276)	\$ (172.178)

5	6	7	8	9	10	11
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ (157.080)	\$ (141.982)	\$ (126.884)	\$ (111.786)	\$ (96.688)	\$ (81.590)	\$ (66.492)

12	13	14	15
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ (51.394)	\$ (36.296)	\$ (21.198)	\$ (6.100)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 11: Inversión v/s Ahorro con Tasa de interés 5%.

Tasa de Interés

5,00%

AÑO		1	2	3	4
Inversión	\$ 232.570				
Costo Operación					
Ahorro		\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
Flujo Neto Actualizado		\$ 14.379	\$ 13.694	\$ 13.042	\$ 12.421
FLUJO ACUMULADO	\$ (232.570)	\$ (218.190)	\$ (204.496)	\$ (191.454)	\$ (179.033)

5	6	7	8	9	10	11
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 11.830	\$ 11.266	\$ 10.730	\$ 10.219	\$ 9.732	\$ 9.269	\$ 8.827
\$ (167.203)	\$ (155.937)	\$ (145.207)	\$ (134.988)	\$ (125.256)	\$ (115.987)	\$ (107.159)

12	13	14	15	16	17	18
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 8.407	\$ 8.007	\$ 7.626	\$ 7.262	\$ 6.917	\$ 6.587	\$ 6.274
\$ (98.752)	\$ (90.745)	\$ (83.120)	\$ (75.857)	\$ (68.941)	\$ (62.354)	\$ (56.080)

19	20	21	22	23	24	25
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 5.975	\$ 5.690	\$ 5.419	\$ 5.161	\$ 4.915	\$ 4.681	\$ 4.458
\$ (50.105)	\$ (44.415)	\$ (38.996)	\$ (33.834)	\$ (28.919)	\$ (24.238)	\$ (19.779)

26	27	28	29	30
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 4.246	\$ 4.044	\$ 3.851	\$ 3.668	\$ 3.493
\$ (15.533)	\$ (11.489)	\$ (7.638)	(3.970)	\$ (476)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 12: Inversión v/s Ahorro con Tasa de interés 6%.

Tasa de Interés

6,00%

AÑO		1	2	3	4
Inversión	\$ 232.570				
Costo Operación					
Ahorro		\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
Flujo Neto Actualizado		\$ 14.243	\$ 13.437	\$ 12.677	\$ 11.959
FLUJO ACUMULADO	\$ (232.570)	\$ (218.326)	\$ (204.889)	\$ (192.212)	\$ (180.253)

5	6	7	8	9	10	11
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 11.282	\$ 10.643	\$ 10.041	\$ 9.473	\$ 8.936	\$ 8.431	\$ 7.953
\$ (168.971)	\$ (158.328)	\$ (148.287)	\$ (138.814)	\$ (129.878)	\$ (121.447)	\$ (113.493)

Continua...

12	13	14	15	16	17	18
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 7.503	\$ 7.079	\$ 6.678	\$ 6.300	\$ 5.943	\$ 5.607	\$ 5.289
\$ (105.990)	\$ (98.912)	\$ (92.234)	\$ (85.934)	\$ (79.991)	\$ (74.384)	\$ (69.094)

19	20	21	22	23	24	25
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 4.990	\$ 4.708	\$ 4.441	\$ 4.190	\$ 3.953	\$ 3.729	\$ 3.518
\$ (64.104)	\$ (59.397)	\$ (54.955)	\$ (50.766)	\$ (46.813)	\$ (43.084)	\$ (39.566)

26	27	28	29	30	31	32
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 3.319	\$ 3.131	\$ 2.954	\$ 2.786	\$ 2.629	\$ 2.480	\$ 2.340
\$ (36.248)	\$ (33.117)	\$ (30.163)	\$ (27.377)	\$ (24.748)	\$ (22.268)	\$ (19.929)

33	34	35	36	37	38	39
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 2.207	\$ 2.082	\$ 1.964	\$ 1.853	\$ 1.748	\$ 1.649	\$ 1.556
\$ (17.721)	\$ (15.639)	\$ (13.675)	\$ (11.822)	\$ (10.074)	\$ (8.424)	\$ (6.868)

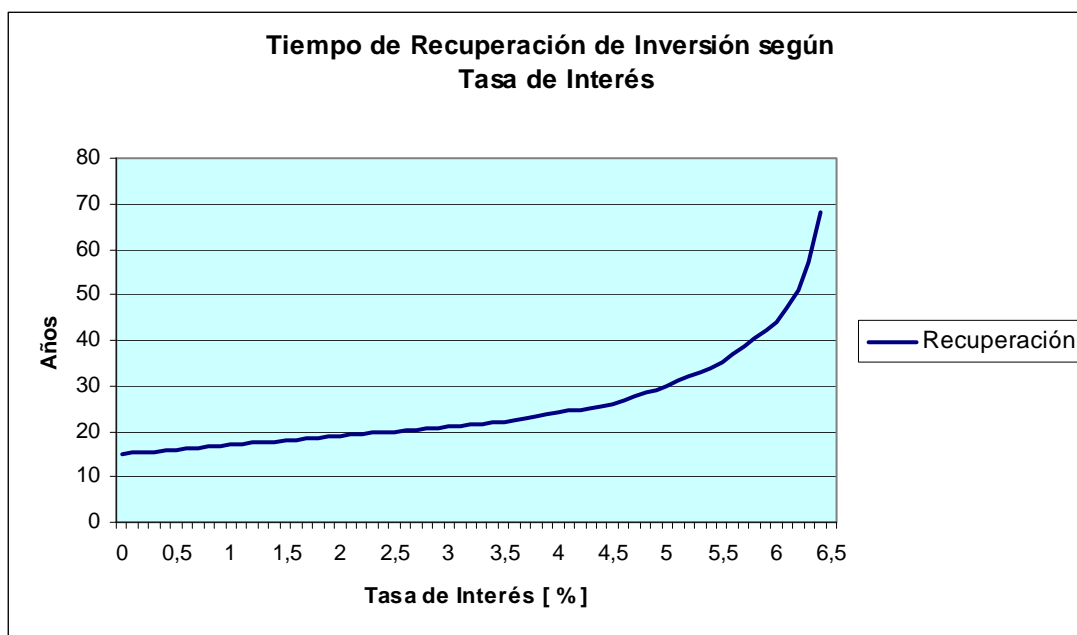
Continua...

40	41	42	43	44
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 1.468	\$ 1.385	\$ 1.306	\$ 1.232	\$ 1.163
\$ (5.401)	\$ (4.016)	\$ (2.709)	\$ (1.477)	\$ (314)

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye de las anteriores tablas, que el periodo de amortización de la inversión necesario para implementar el sistema de recolección, sin considerar tasa de interés, es de 15 años. Este plazo de amortización aumenta al aumentar la tasa de interés, reflejada en el Grafico N° 2.

Gráfico N° 2: Tiempo de recuperación de la inversión según Tasa de Interés.



Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO IV.- Diseño y Evaluación Económica de Sistema Colectivo para una población de 50 viviendas sociales.

4.1.- Descripción general del sistema de recolección.

Para este análisis se ha considerado una población de 50 viviendas idénticas a las consideradas en el estudio de la solución individual. El objeto de la provisión centralizada de aguas lluvias es aprovechar la totalidad de las aguas lluvias sin que existan las limitaciones del estanque individual, aprovechando economías de escala.

El sistema de captación y reutilización de aguas lluvias en una villa o población funcionaría a través de una cooperación conjunta de sistemas individuales de recolección.

La recolección de las precipitaciones, al igual que en el caso individual se efectúa a través de las techumbres de las viviendas.

Luego de ser captada las aguas, serán dirigidas por gravedad a un estanque común de acumulación que se ubicará en las cercanías de la villa.

Esta alternativa consta de cuatro sistemas: a) el sistema de recolección, de cada vivienda individual; b) red de conducción de las aguas lluvias al estanque; c) estanque, d) Sistema de impulsión, de presurización y distribución.

4.2.- Diseño del Sistema.

4.2.1. Conducción de las aguas lluvias al estanque.

Las Aguas Lluvias de cada vivienda serán conducidas a un estanque a través de una red de alcantarillado diseñada para captar y conducir exclusivamente las aguas lluvias captadas en el techo de cada vivienda. El cálculo se hará considerando la lluvia máxima.

Considerando que el máximo de agua recolectada por año es 73 m^3 en cada vivienda en la ciudad de Valdivia (Ver Tabla N° 5), en conjunto la villa de 50 viviendas recolectaría 3650 m^3 . A escala mayor se debe aprovechar la totalidad de agua recolectada, por ello la canalización de las aguas recolectadas deben ser íntegramente dirigidas al estanque.

Para determinar la máxima capacidad que necesita tener la red que dirige el agua recolectada hacia el estanque de acumulación, se utilizará como referencia la intensidad lluvia caída en Valdivia obtenida por la planta Arauco de Valdivia.

Tabla N° 13: Intensidad de Lluvia en Planta Arauco Valdivia.

		Período de Retorno T (años)					
		2	5	10	25	50	100
Duración t		Intensidad de Lluvia I (T, t) (mm/hr)					
Horas	minutos						
	5	47.83	60.00	67.59	76.75	83.25	89.64
	10	36.77	46.23	52.04	59.04	64.13	69.04
	15	31.12	39.08	44.00	49.96	54.20	58.40
	20	25.92	32.55	36.67	41.62	45.17	48.65
	25	22.37	28.11	31.65	35.92	38.99	42.01
	30	20.22	25.40	28.60	32.46	35.24	37.96
	45	15.87	19.93	22.44	25.47	27.64	29.77
1	60	13.69	17.19	19.36	21.97	23.85	25.69
2		9.61	12.07	13.59	15.42	16.74	18.03
4		7.51	9.43	10.62	12.05	13.08	14.09
6		6.46	8.11	9.13	10.36	11.25	12.12
8		5.84	7.34	8.26	9.38	10.18	10.97
10		5.30	6.65	7.49	8.50	9.23	9.94
12		4.76	5.98	6.73	7.64	8.29	8.93
14		4.45	5.59	6.29	7.14	7.75	8.35
16		4.17	5.23	5.89	6.69	7.26	7.82
18		3.94	4.94	5.57	6.32	6.86	7.39
20		3.67	4.62	5.20	5.90	6.40	6.90
22		3.47	4.36	4.91	5.57	6.04	6.51
24		3.24	4.07	4.58	5.20	5.65	6.08

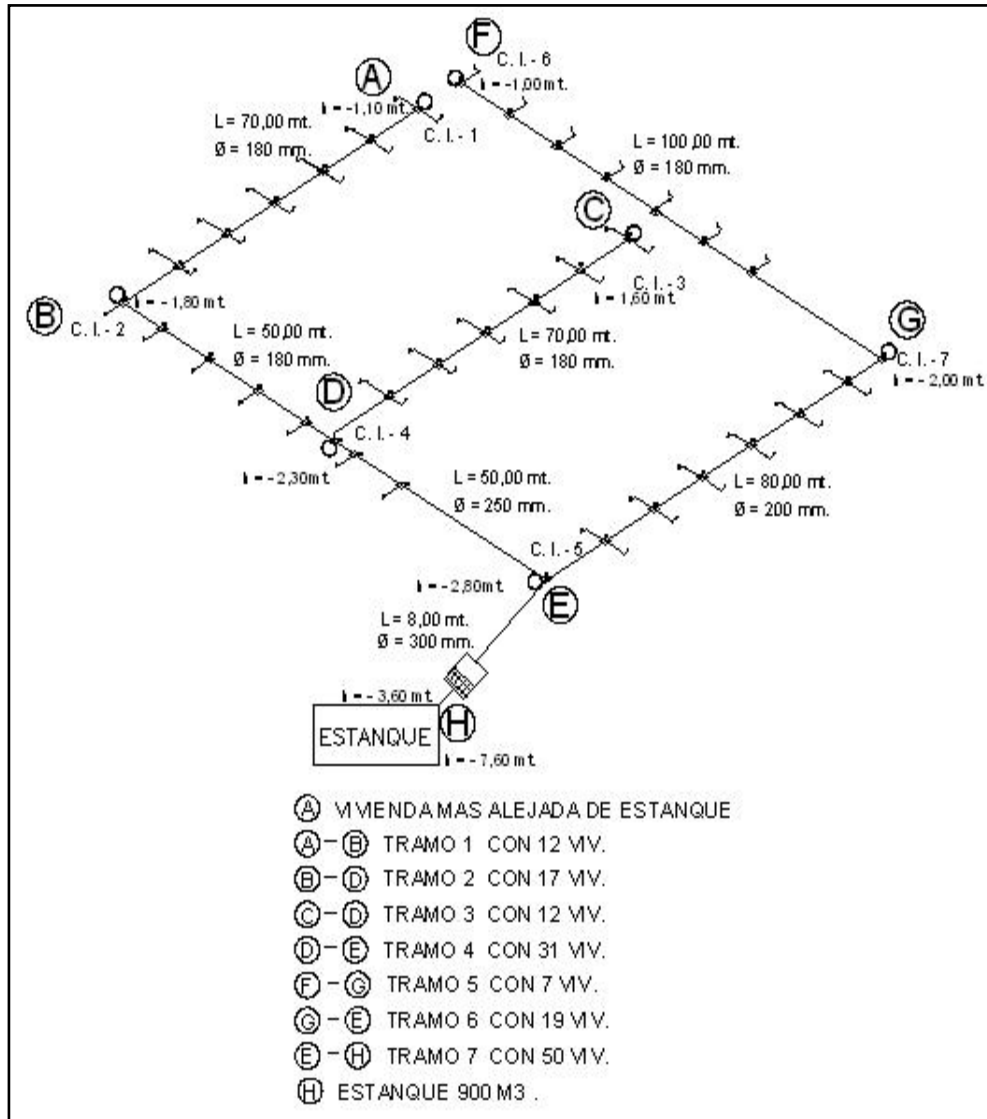
Fuente: Celulosa Arauco Valdivia, 2010.

Los caudales a considerar se efectuarán para intensidad máxima de lluvia en 5 minutos y con un periodo de retorno de 25 años con lo que se obtiene un caudal de 76,75 mm/hr. Con esta intensidad y considerando la superficie de la cubierta de 58 m², el caudal máximo recolectado en cada vivienda de 0,00124 m³/seg.

La red diseñada que se describe a continuación cumple con los siguientes criterios:

- Diámetros mínimos basados en la NCh 1105 of 1999
- Pendiente crítica en tuberías de alcantarillado es de 0,3 % y la pendiente recomendada es de 0,5 %. Por lo que en nuestro sistema usamos 1% para obtener un recorrido más expedito y no mayor para evitar la profundización del estanque recolector de aguas lluvias, según Nch 1105.
- Se considera la superficie de emplazamiento de la villa como horizontal.
- El límite de velocidad tiene que ser igual o mayor a la velocidad mínima de autolavado según ASCE 1994.
- La red debe cumplir con la relación de profundidad versus diámetro según NCh 1105.

Figura N° 12: Esquema isométrico de la red de recolección de agua lluvia y conducción hacia el estanque.



Fuente: Elaboración Propia.

Los cálculos se efectuaron considerando la metodología propuesta por ASCE (1994) – Gravity Sanitary Sewer Design and Construction.

Antes de ingresar al estanque, las aguas deben pasar por una cámara de rejillas, para retener sólidos de arrastre o flotantes.

Tabla N° 14: Descarga hacia la red de recolección de aguas lluvias.

TRAMO	DESCARGAS	Pendiente	Q [m3/seg]	Diámetro [mm.]	Q b.ll. [m3/seg]	Q / Q b.ll. [m3/seg]	d/D	V b.ll. [m/seg]	V / V b.ll.	V [m/seg]	V al, b.ll. [m/seg]	V al. / V al, b.ll.	V al. [m/seg]
A - B	12	1%	0,01484	180	0,032	0,464	0,54	1,18	0,83	0,979	0,6	0,82	0,492
B - D	17	1%	0,02102	180	0,032	0,657	0,67	1,18	0,94	1,109	0,6	0,86	0,516
C - D	12	1%	0,01484	180	0,032	0,464	0,54	1,18	0,83	0,979	0,6	0,82	0,492
D - E	31	1%	0,03833	250	0,065	0,590	0,63	1,4	0,9	1,260	0,6	0,85	0,51
F - G	7	1%	0,00866	180	0,032	0,270	0,4	1,18	0,71	0,838	0,6	0,77	0,462
G - E	19	1%	0,02349	200	0,035	0,671	0,64	1,22	0,9	1,098	0,6	0,85	0,51
E - H	50	1%	0,06183	300	0,11	0,562	0,6	1,6	0,88	1,408	0,6	0,84	0,504

Fuente: Elaboración Propia.

En donde:

- V al.** Velocidad de Autolavado
- Q b.ll.** Caudal de boca llena.
- D** Altura de agua dentro de tubería
- D** diametro de la tubería
- V b.ll.** Velocidad de boca llena.
- V al., b.ll.** Velocidad de Autolavado a boca llena. (ASCE, 1994)

4.2.2.- Dimensionamiento del Estanque.

El estanque que se necesita para recoger toda el agua necesaria para satisfacer el consumo diario será el siguiente:

Para obtener una autonomía máxima de las viviendas, con respecto al uso del agua potable en el WC, se considerará un estanque que pueda almacenar la mayor cantidad de agua lluvia posible.

El tamaño necesario para la autonomía del sistema supone un estanque de gran envergadura, el cual será de hormigón armado, debido a la nula oferta de otro tipo de estanques o similares artefactos para la acumulación de agua de este tamaño. El método para identificar el tamaño óptimo del estanque se realizó considerando la cantidad de agua caída durante el año 2007 presentado en el Anexo E.

Estimando la acumulación de agua lluvia en todas las viviendas y luego restándole el consumo de agua para todos los WC de la villa, los cálculos son presentados en el Anexo F.

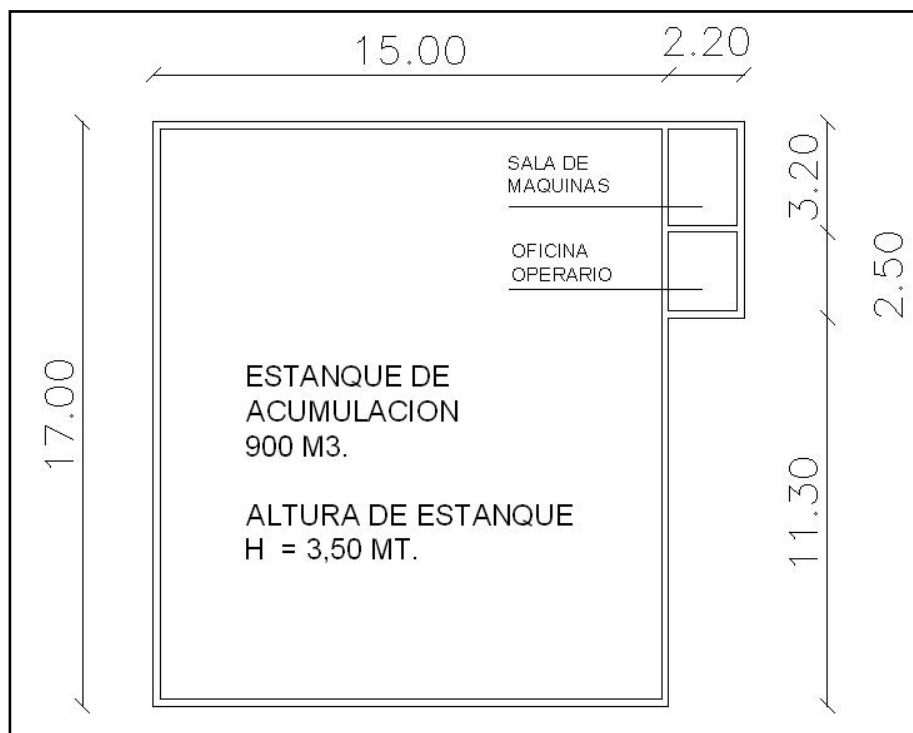
Inicialmente se tendrá un estanque de 3,50 metros de altura, 17,00 metros de largo y 15,00 metros de ancho con lo que se tendría una capacidad total del estanque de aproximadamente 900 metros cúbicos de almacenamiento.

El área de los muros sumado al área inferior y superior da un total de 734 m², considerando que al contener agua los muros deben ser resistentes, el estanque debe ser de hormigón armado de un espesor uniforme, para tener un grado de tolerancia con respecto a los esfuerzos máximos, de 20 centímetros. Por ende con una superficie de 734 m² con un

espesor constante de 20 cm. se obtiene un volumen de $146,80 \text{ m}^3$, que es resumen es la cantidad de hormigón necesaria para la construcción del estanque.

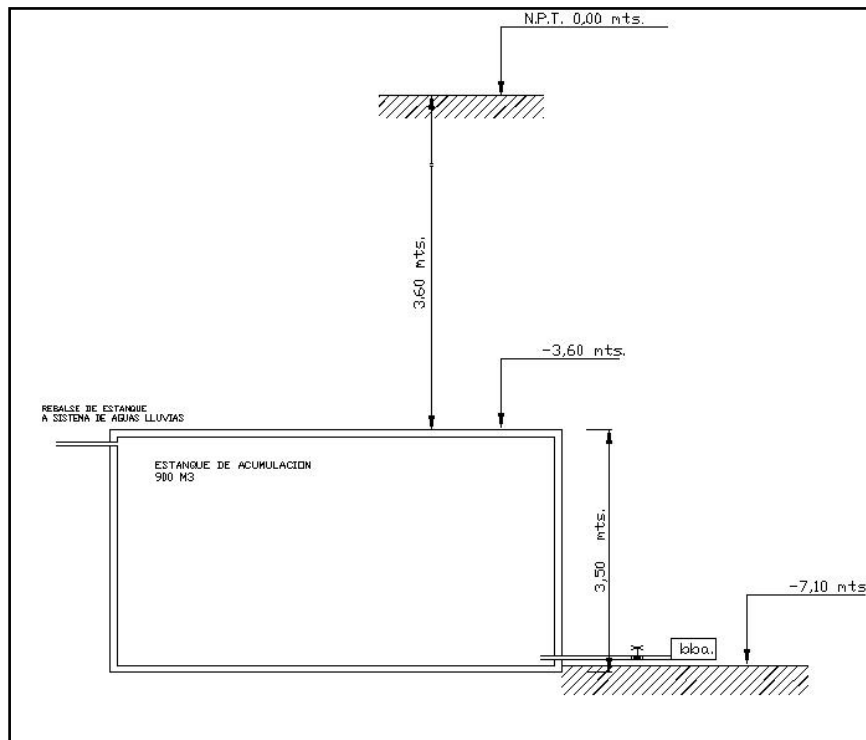
El estanque deberá tener un rebalse que evite el colapso del estanque y que estará conectado con la red de aguas lluvias existente de la villa.

Figura N° 13: Esquema de estanque de acumulación y sala de máquinas.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 14: Esquema de estanque.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.- Sistema de Alimentación de aguas a las viviendas.

4.2.3.1.- Red de Agua

El suministro de agua de lluvia a las viviendas de la villa debe ser mediante un sistema de bombas. Se ha considerado como requisito de presión, la presión mínima fijada en la norma chilena para la red pública para máximo consumo horario es de 15 m.c.a excluyendo el arranque.

Con lo anterior, el agua ingresará al estanque del WC con caudal suficiente, cualquiera sea el tipo de válvula de admisión que se utilice.

La red de tuberías será de PVC hidráulico Clase 10, con diámetros mínimos establecidos para red pública de distribución de agua potable, es decir de 100 mm.

El cálculo de caudales se determinará considerando como tal el valor mayor de entre los caudales calculados según los siguientes procedimientos:

- a) Asumir una distribución similar a la de la red de agua potable. Es decir, distribuir el consumo de agua del WC de cada vivienda en 24 horas, multiplicándolo por un factor de consumo máximo diario (2). En seguida, considerar un consumo máximo instantáneo, aplicando al consumo máximo diario un factor (2).

Consumo de una Viv. 8 lts. Por 4 personas y 5 veces al día es igual a un consumo de 160 litros por vivienda al día por 50 viviendas de la villa 8.000 litros por día, entonces se tiene 5,556 lts/min.

- b) Asumir la distribución de gasto máximo probable que proporciona el RIDAA para instalaciones domiciliarias (aplicable en forma condicionada a establecimientos comerciales como podrían ser hoteles u otros).

En donde el Q.I. (lts/min) 10 (lts/min) para un WC (RIDAA, 2002)

$$Q.M.P. = 1.7391 * QI^{0.6891}$$

$$Q.M.P. = 1.7391 * 500^{0.6891}$$

$$Q.M.P. = 125,95 \text{ (lts/min)}.$$

Evidentemente este enfoque es más exigente que la opción anterior, por lo cual se asumió esta distribución para los cálculos siguientes.

Para calcular las pérdidas regulares producto del roce con la tubería, se usará la fórmula de Hazen y Williams (NCh 2483, 2000), cuya representación es:

$$J = 10,665 \cdot \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,869}}$$

Donde:

J: Pérdida de carga en tanto por uno (m.c.a./m) (adimensional).

Q: Caudal en [m³/seg].

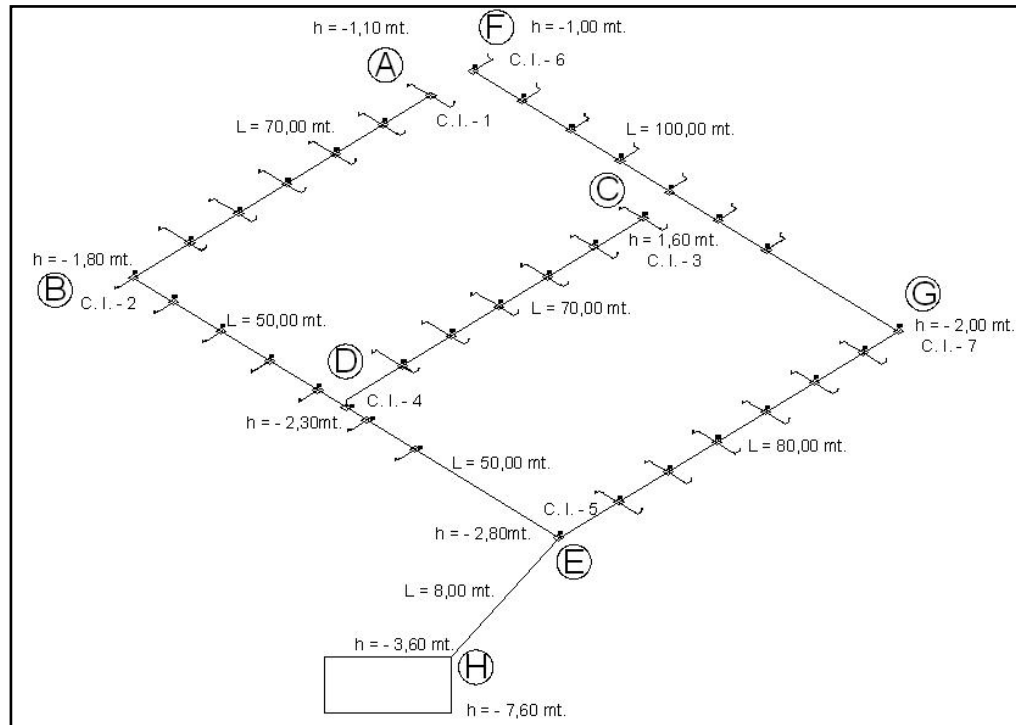
D: Diámetro interior de la tubería en metros.

C: Coeficiente de Rugosidad (C=150).

El factor C = 150 para el empleo de la fórmula de Hazen – Williams en tuberías de PVC, ha sido establecido conservadoramente luego de una serie de investigaciones en el laboratorio de hidráulica Alden del instituto Politécnico de Worcester.

Para la alimentación de las viviendas se utilizará tuberías de PVC hidráulico de variados diámetros según el caudal instalado, con lo que el cálculo de las pérdidas da de la siguiente manera:

Figura N° 15: Tramos considerados para el cálculos de pérdida de carga en tuberías.



Fuente: Elaboración Propia.

En donde el circuito 1 va desde H a A, el circuito 2 va desde H a C y el circuito 3 va desde H a F.

Tabla N° 15: Pérdida de carga regular en Red H - A.

Tramo	CAUDAL		D [mm]	L [m]	Pérdida de Carga			Vel. [m/s]
	Inst. QI	Más. P. QMP			J Unit.	J*L Tramo	J Acum	
H - E	500	126	81,4	8	0,028	0,226	0,226	0,403
D - E	310	91	81,4	34,6	0,012	0,404	0,630	0,290
D - E'	300	89	67,8	16,3	0,027	0,436	1,066	0,409
D - E'	290	87	67,8	4,9	0,025	0,123	1,189	0,399
D - B	170	60	57	6,8	0,022	0,148	1,337	0,391
D - B	160	57	57	11,40	0,019	0,221	1,558	0,375
D - B	150	55	57	11,6	0,017	0,200	1,758	0,359
D - B	140	52	57	11,4	0,015	0,173	1,931	0,342
D - B	130	50	57	9,5	0,013	0,126	2,057	0,325
B - A	120	47	57	13,4	0,011	0,153	2,209	0,308
B - A	100	42	45,2	11,6	0,025	0,292	2,501	0,432
B - A	80	36	45,2	11,4	0,017	0,190	2,691	0,370
B - A	60	29	36	11,7	0,030	0,346	3,037	0,478
B - A	40	22	36	11,4	0,014	0,159	3,197	0,362
B - A	20	14	28,4	11,4	0,012	0,140	3,337	0,361

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 16: Pérdida de carga regular en Red H - C.

Tramo	CAUDAL		D [mm]	L [m]	Pérdida de Carga			Vel. [m/s]
	Inst. QI	Más. P. QMP			J Unit.	J*L Tramo	J Acum	
H - E	500	126	81,4	8	0,028	0,226	0,226	0,403
E - G	190	65	81,4	14,4	0,005	0,068	0,294	0,207
E - G	170	60	67,8	11,8	0,009	0,110	0,404	0,276
E - G	150	55	57	11,6	0,017	0,200	0,604	0,359
E - G	130	50	57	11,80	0,013	0,156	0,760	0,325
E - G	110	44	45,2	11,6	0,030	0,348	1,109	0,461
E - G	90	39	45,2	11,6	0,021	0,240	1,349	0,401
G - F	70	32	45,2	40,0	0,013	0,520	1,869	0,337
G - F	60	29	45,2	11,6	0,010	0,113	1,982	0,303
G - F	50	26	36	11,8	0,021	0,249	2,231	0,422
G - F	40	22	36	11,6	0,014	0,162	2,393	0,362
G - F	30	18	28,4	11,8	0,026	0,307	2,700	0,477
G - F	20	14	28,4	11,6	0,012	0,142	2,843	0,361
G - F	10	9	22	11,6	0,012	0,137	2,980	0,373

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 17: Pérdida de carga regular en Red H - F.

Tramo	CAUDAL		D [mm]	L [m]	Pérdida de Carga			Vel. [m/s]
	Inst. QI	Más. P. QMP			J Unit.	J*L Tramo	J Acum	
H - E	500	126	81,4	8	0,028	0,226	0,226	0,403
E - D	310	91	81,4	34,6	0,012	0,404	0,630	0,290
E - D	300	89	67,8	16,3	0,027	0,436	1,066	0,409
E - D	290	87	67,8	4,9	0,025	0,123	1,189	0,399
D - C	120	47	57	14,2	0,011	0,162	1,351	0,308
D - C	100	42	57	11,60	0,008	0,094	1,445	0,271
D - C	80	35,6241	45,2	11,5	0,017	0,191	1,636	0,370
D - C	60	29,2179	45,2	11,6	0,010	0,113	1,750	0,303
D - C	40	22,0955	36	11,4	0,014	0,159	1,909	0,362
D - C	20	13,7045	28,4	11,4	0,012	0,140	2,049	0,361

Fuente: Elaboración Propia.

Siendo:

D: diámetro interior tubería.

L: Largo del tramo.

J: Pérdida unitaria, por metro lineal.

Vel: Velocidad del agua en el tramo.

P disp.: Presión disponible en el punto en cuestión.

Los diámetros interiores correspondientes a los diámetros comerciales se obtuvieron del Anexo F.

A las pérdidas por roce en tubería, se le debe sumar la pérdida por las singularidades desde el estanque a la última vivienda. En este tramo se tienen:

El tramo más desfavorable según los datos presentados, es el comprendido entre el estanque y el punto F. En este tramo por concepto de pérdidas de carga en la tubería se tiene una pérdida regular de 3,34 m.c.a.

En el punto F existe una entrada a la tubería ($K = 0,50$), en el punto E existe una TEE de salida lateral ($K = 1,30$), en el circuito N° 2 existen 6 (seis) TEE de paso directo ($K = 0,6$) a continuación un codo de 90° ($K = 0,90$), luego existen 6 (seis) TEE de paso directo ($K = 0,6$) y en el punto B existe un codo de 90° ($K = 0,90$).

Entonces según NCh 2485 se tiene:

$$J_s = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

En donde:

J_s : Pérdida singular [m.c.a.].

V: Velocidad de escurrimiento [m/s].

g: Aceleración de gravedad 9,81 [m/s²].

K: Coeficiente de proporcionalidad que depende de las características específicas de cada pieza especial (Véase Anexo F).

$V^2 / 2g$ = altura de velocidad.

Tabla N° 18: Cálculo de pérdidas por singularidades.

Tramo	D INT. [mm]	K	Pérdida de Carga		Vel. [m/s]
			J Unit. m.c.a.	J acum. m.c.a.	
H - E	99,4	0,50	0,002	0,002	0,271
E - E1	99,4	1,30	0,005	0,007	0,271
E1 - E2	81,4	0,60	0,003	0,009	0,290
E2 - E3	81,4	0,60	0,002	0,012	0,284
E3 - E4	81,4	0,60	0,002	0,014	0,277
E4 - E5	67,8	0,60	0,002	0,016	0,276
E5 - E6	67,8	0,60	0,002	0,019	0,265
E6 - E7	67,8	0,60	0,002	0,021	0,254
E7 - E8	67,8	0,90	0,003	0,023	0,242
E8 - E9	67,8	0,60	0,002	0,025	0,230
E9 - E10	67,8	0,60	0,001	0,026	0,217
E10 - E11	57	0,60	0,002	0,029	0,271
E11 - E12	57	0,60	0,002	0,030	0,233
E12 - E13	45,2	0,60	0,003	0,033	0,303
E13 - E14	45,2	0,60	0,002	0,035	0,230
E14 - F	28,4	0,90	0,006	0,041	0,360

Fuente: Elaboración Propia.

Las pérdidas del tramo más desfavorable son:

$$J_T = J_R + J_S$$

$$J_T = 3,337 + 0,041 \text{ [m.c.a.]}$$

$$\mathbf{J_T = 3,378 \text{ [m.c.a.]}}$$

Donde:

J_T : Suma de pérdidas totales.

J_R : Pérdida regular producto del roce en la tubería.

J_S : Pérdida producto de las singularidades.

La suma de las pérdidas antes mencionadas más la diferencia de cota desde el nivel mínimo del pozo hasta la cota del arranque del tramo más desfavorable (7,100 m.c.a.)

4.2.3.2 Selección del equipo Hidroneumático.

El equipo debe ser capaz de proporcionar la energía suficiente para:

- Absorber las pérdidas de carga (3,378 m.c.a.)
- Elevar el agua desde el nivel mínimo del pozo hasta la cota del arranque del tramo más desfavorable (7,100 m.c.a.)
- Entregar en el arranque de este último tramo, la presión de 15 m.c.a.
- Agregar la sobrepresión diferencial del equipo hidroneumático (diferencia entre presión de partida y de parada) equivalente a 10 m.c.a.

Por lo tanto, la bomba debe tener una altura de elevación de al menos 34,878 m.c.a.

Entonces, se debe seleccionar una bomba de caudal máximo probable 126 lts/min, con altura de elevación de al menos 36 m.c.a.

Después de tener las pérdidas en la red de distribución se seleccionará el equipo hidroneumático necesario.

La empresa VOGT S.A. seleccionó un equipo basado en Bomba VOGT modelo N614 MMS 209de 5,5 HP, 2.900 r.p.m. y 50 Hz que tiene un consumo de 70 W. El equipo contará con 2 bombas de este tipo, una estará en servicio y la otra en stand-by.

Las características de operación son las siguientes:

Presión	Caudal
36 atm	máx. 157,42 lt/min
42 atm	mín. 122,00 lt/min
Pres. Media	med. 139,71 lt/min

El volumen del estanque de presurización corresponde a Vogt (2010), según el caudal medio (Q_m), el tiempo mínimo de detención antes de la siguiente partida, y las presiones máximas y mínimas.

$$VR = \frac{Q_m \times T}{4}$$

$$VR = \frac{139,71 \times 2,0}{4}$$

$$VR = 69,86 \text{ [Lts]}$$

Siendo $T = 2$ min., (para motor entre 5,0 y 7,5 HP)

Con lo anterior, el volumen del Hidropack se obtiene de la siguiente manera.

$$VH = \frac{VR \times (P_b + 10)}{(P_b - P_a)}$$

$$VH = \frac{67 \times (46 + 10)}{(46 - 36)}$$

$$VH = 391,19 \text{ [Lts]}$$

Por lo tanto se instalará un estanque hidroneumático de 400 litros marca VAREM con manómetro y presostato.

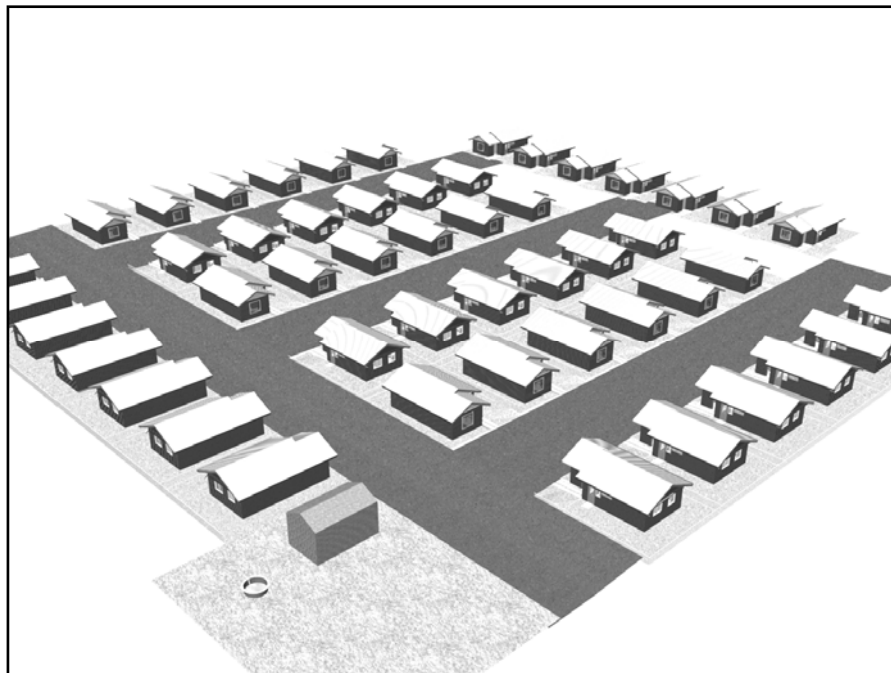
La llega del agua al WC es similar a la propuesta en el sistema de una vivienda, con una llave de paso que alimenta al WC de agua potable y otra de agua reciclada, debiendo hacer el cambio de suministro manualmente y con precaución de que no se produzca una mezcla de las aguas.

4.3.- Evaluación económica del Sistema de recolección Colectivo.

Luego de tener los diámetros de las tuberías a usar en la conducción de las aguas lluvias desde las viviendas hacia el estanque de acumulación, corresponde proseguir con la ejecución de las obras para la instalación propiamente tal de la red. Para ello es necesario utilizar una maquinaria para realizar las excavaciones en las cuales irá la red adicional que conducirá el agua recolectada hacia el estanque.

Según emplazamiento de la villa, se necesitará 800 metros de excavaciones. La maquinaria trabaja a un ritmo de 120 metros por día, considerando obstáculos normales en la construcción. (Datos obtenidos en terreno).

Figura N° 16: Emplazamiento de la Villa con 50 viviendas.



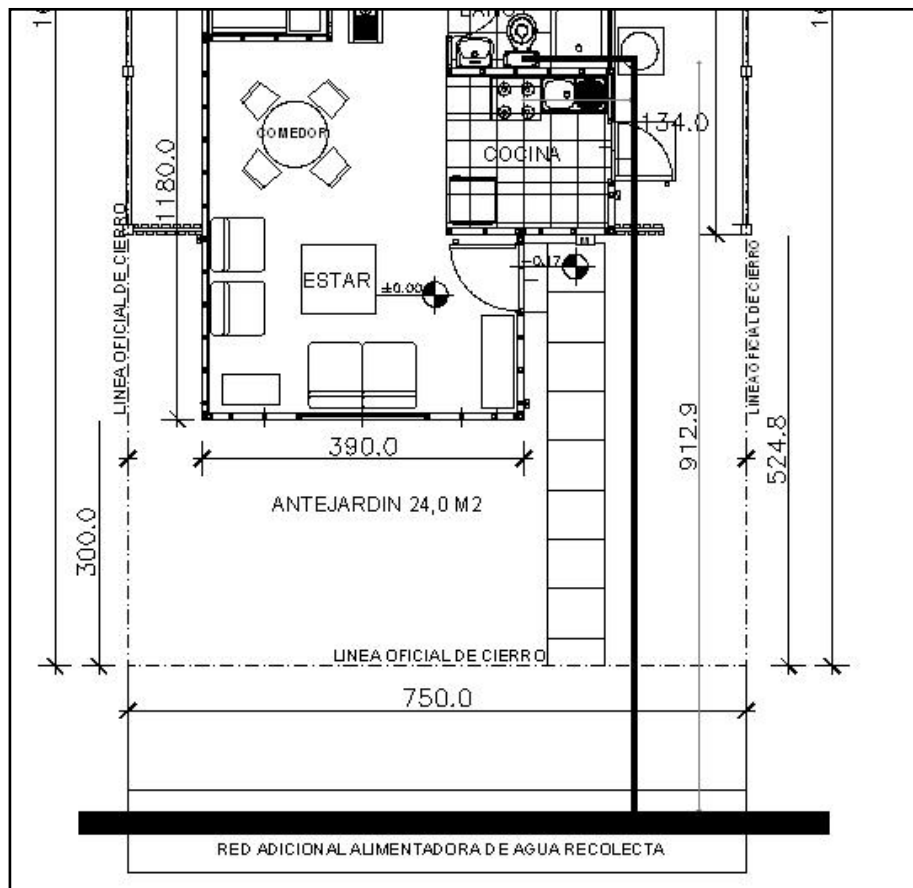
Fuente: Elaboración Propia.

Con los datos existentes, se calcula que para realizar el trabajo completo de excavaciones se necesita 8 días de trabajo, es decir, 64 horas de trabajo de la maquinaria.

Luego se debe considerar la canalización que llevará el agua recolectada hacia el estanque. La cantidad de tubería en metros lineales está directamente relacionada con las excavaciones, que son de un total de 800 metros, pero a estos se le debe sumar el material utilizado desde el empalme a la red adicional hasta el W.C. de cada casa.

Para una casa se usará como mínimo 10.5 metros lineales de tubería 110 mm. (Véase Fig. 9), lo que da un total de 525 metros lineales más. Entonces sólo para conducir las aguas recolectadas al estanque se necesitan como mínimo 1325 metros lineales de tubería.

Figura N° 17: Red de alimentación a Vivienda.



Fuente: SOCOVESA, 2008.

4.3.1.- Resumen de Costos de Materiales.

Tabla N° 19: Resumen de materiales y costos para implementación del sistema de recolección e impulsión en la Villa.

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Acondicionamiento Bajadas A. Ll.	Un.	50	\$23.025	\$1.151.250
Maquinaria Mov. Tierra	Hr.	64	\$ 16.500*	\$ 1.056.000
Tubería Recol. y Cond. Agua lluvias	Mts.	1325	\$ 1.125	\$ 1.490.625
Estanque 1020 m ³	Un.	1	\$ 41.038.450	\$ 41.038.450
Bomba 2 HP	Un.	2	\$ 150.000	\$ 300.000
Hidropack VAREM	Un.	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Tubería Alimentación	Mts.	1325	\$ 1.125	\$ 1.490.625
Mano Obra Inst. Hidráulica	Un.	1	\$ 700.00	\$ 700.000
Conexión Red a WC ***	Un.	50	\$ 45.390	\$ 2.269.500
		TOTAL		\$49.696.450.-

Fuente: Elaboración propia.

*: Precios proporcionados por Bomaq vía telefónica, considerando un costo adicional de \$20.000.- por concepto de traslado.

** : Fuente: SAESA, 2008.

***: Considera los materiales usados en la confección de la red que alimenta a la vivienda desde el arranque hasta la alimentación del WC y el medidor de caudal en ésta. (codos, tee, tuberías, MAP., etc.)

4.3.2.- Costo de Operación.

Además de la inversión inicial en la que se debe incurrir, en este sistema hay que considerar el costo de operación y mantención del sistema, que consta de:

- El gasto en energía eléctrica consumida por el grupo de maquinaria de bombeo de agua.
- Mantención de las bombas.
- Mantención y limpieza del estanque de acumulación, etc.

Sumando el valor de los materiales y de la obra de mano se tiene el total de inversión inicial que se debe dividir en 50 para obtener la cantidad que debiera invertir cada familia.

Entonces si se tiene un total de \$ 50.631.165.- de inversión inicial total, se debe fraccionar en 50 viviendas, con lo que da un total de \$ 1.012.623.- de inversión inicial por cada vivienda de la villa. Junto a lo anterior es necesario considerar los costos de operación del sistema y de las instalaciones, desglosadas de de la siguiente manera.

Tabla N° 20: Costos de Operación del Sistema Colectivo.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Gasto Energía	Kwh	410,28	\$ 84,701	\$ 34.715
Personal Mantención	Un.	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Insumos Varios	Un.	1	\$ 43.539	\$ 43.539
		TOTAL MENSUAL		\$ 278.254
		TOTAL ANUAL		\$ 3.339.055

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2.- Tarificación.

Al igual que para el caso de vivienda individual es necesario un sistema de cobro adicional al ordinario, que funciona de la misma manera que el individual.

Para la asignación de cobros por vivienda se instala el medidor de agua potable antes del ingreso de la red de impulsión de aguas lluvias a la vivienda, para que en este quede registrado el total de agua recolectada que se ha consumido, de tal manera que si la empresa lo estime conveniente, se realice el cobro adicional de las aguas negras descargadas en la vivienda.

En referencia a las tarifas cobradas por Aguas Décimas S.A. por metro cúbico de agua potable utilizado y de metro cúbico de aguas negras tratadas son las ya descritas en el capítulo 3.2.2:

- Agua Potable	\$ 359,47.-
- Alcantarillado con Tratamiento	\$ 519,68.-

Por lo anterior, la tarifa no puede ser superior al ahorro en agua potable que implique el uso del sistema, el cual es de \$ 359,47 por m³.

Dado que el costo de operación anual es de \$ 3.339.055.- y la producción anual corresponde al suministro de 3650 m³, el costo de operación unitario es de \$ 915 / m³. La tarifa además debe considerar la amortización de las inversiones y otros costos, razón por la cual su valor debería ser incluso mayor que el señalado. Por lo tanto la tarifa excederá con creces el ahorro por menos consumo de agua potable, lo que hace inviable el proyecto a los precios actuales.

CONCLUSIONES

En este estudio se presentan dos sistemas para aprovechar las aguas lluvias de la ciudad de Valdivia, recolectadas a través de la cubierta de las casas para la descarga del W.C. de la vivienda.

La primera alternativa corresponde a una solución para una sola vivienda y la segunda a una solución colectiva que contempla 50 viviendas de similares características a la utilizada en el sistema individual.

Para poder determinar que tipo de artículos y materiales permitirían el correcto funcionamiento, se realizaron pruebas para elegir el tipo de válvula de entrada al estanque que se utilizaría en el sistema individual.

La solución del sistema individual implica una inversión de \$ 232.570.- la cuál se amortiza en 15 años considerando una tasa de interés del 5,0% anual, principalmente esta inversión se refiere al costo del estanque y de la infraestructura utilizada.

La solución del sistema colectivo implica una inversión de \$ 50.631.165.- en total, lo que da una inversión por familia de \$ 1.012.623.- En este sistema la gran envergadura de las obras civiles que hay que realizar aumentan el gasto inicial, como arriendo de maquinaria para excavaciones, materiales para implementación de la red y la fabricación del estanque y sala de máquinas en hormigón armado. La inversión por familia es aproximadamente 4 veces mayor que la obtenida en el sistema individual, junto a lo anterior el personal y la mantención que debe tener el caso colectivo genera que no sea viable económicamente, ya que el ahorro anual de dinero por concepto de menor consumo

de agua potable realizado por todas las familias es menor a los gastos operacionales anuales relacionados al funcionamiento de la red de aguas lluvias.

Cabe mencionar que los materiales utilizados en el sistema colectivo tiene una vida útil mayor a los componentes utilizados en la solución individual.

En suma, se ve viable la solución individual de aprovechamiento de aguas lluvias, avalando a la simplicidad de su mantención ya que esta queda en manos del habitante de la vivienda, la que además presentará mejores resultados económicos en la medida que el agua potable se un bien más escaso y por ende incremente su precio.

Sin embargo la solución colectiva, que conlleva mayores costos de inversión y además costos de operación no despreciables, requiere de alzas mucho mayores en el precio del agua potable para que pueda comenzar a ser rentable.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ASCE, 1994. American Society of Civil Engineers, Gravity Sanitary Sewer Design and Construction – Manuals and Reports on Engineering Practice NO. 60. Estados Unidos. Pág. 96 – 107.

CASTILLO, A. (coord. Y ed.), 1994. Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, España.

CINTAC. 2005. Catálogo Técnico de Productos y Sistema. Santiago, Chile. Pág. 11.

DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK, 1964, Manual de Tratamiento de Aguas Negras, Nueva York, Estados Unidos. Pág. 15 – 18.

DIRECCION METEOROLOGICA DE CHILE, 2008, Informe Climatológico de 2007 Estación Pichoy, Valdivia.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, (INN). 1999., Ingeniería Sanitaria – Alcantarillado de Aguas Residuales – Diseño y Cálculo de Redes. (NCh 1105 of 1999) Pág. 11, 12, 13, 16.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, (INN). 2000., Instalaciones Domiciliarias de agua potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores. (NCh 2485 of 2000) Pág. 6, 7, 8, 11.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (I.N.E.), 2006. Medio Ambiente Informe Anual. Santiago, Chile. Pág. 64-65.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DE CHILE (MOP), 2002, RIDAA, Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y de Alcantarillado, Santiago. Pág. 20 a 23.

SAESA, 2009. Publicación de tarifas de las empresas eléctricas que suscriben, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

SOCOVESA S.A. 2008, Especificaciones Técnicas vivienda tipo SO41S. Valdivia,
Pág. 4 a 7.

REFERENCIA ELECTRONICA

CORPORACION DE DESARROLLO TECNOLOGICO, 2009. REGISTRO TECNICO DE MATERIALES CDT. www.registrocdt.cl, disponible en:

<http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/adminTools/fichaDeProductoDetalle.aspx?idFichaPro=146>, consultado en 23-02-2009, vigente a la fecha de 24-12-2010.

EASY, 2009. Válvula de admisión lateral, eje largo 1/2 “, Grifesa. Estanque, válvulas de admisión y descarga, www.easy.com, disponible en :

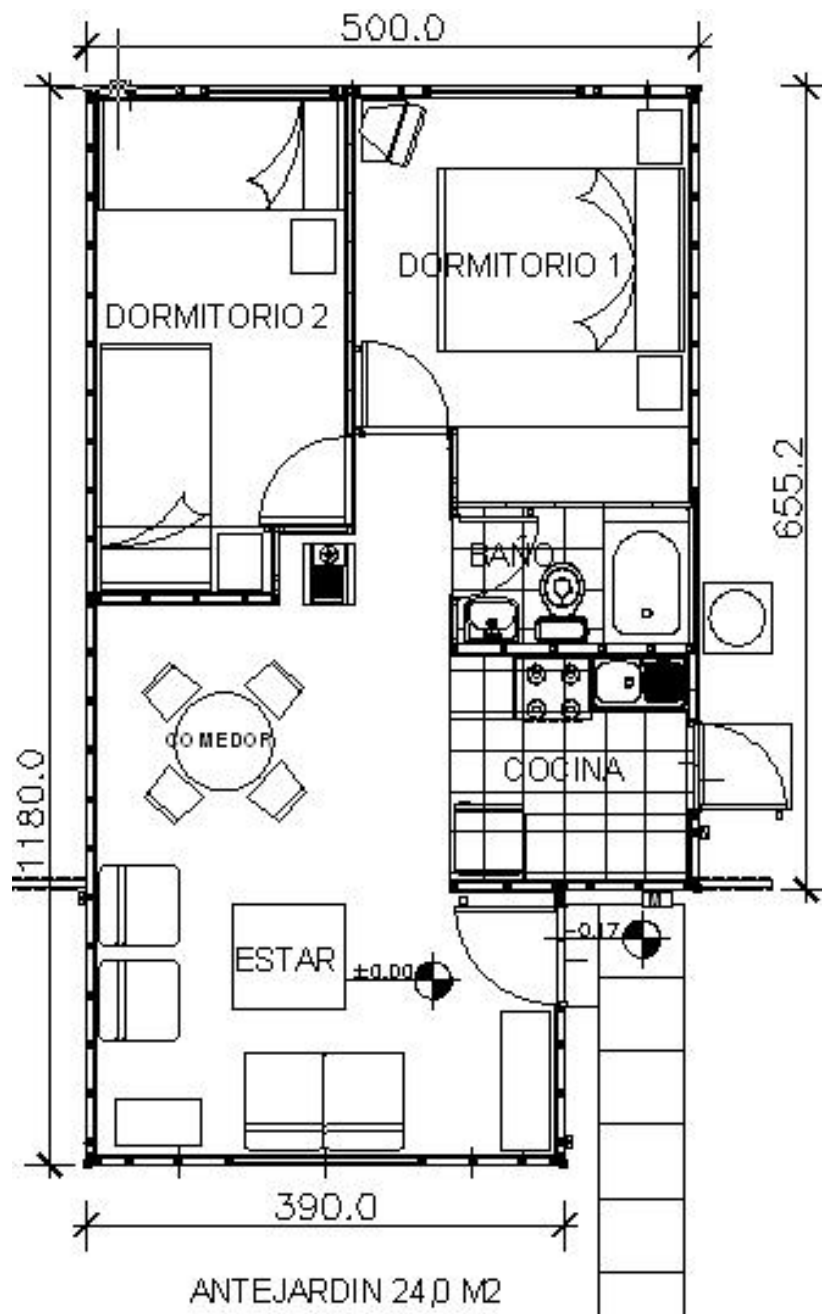
http://www.easy.cl/easy/ProductDisplay?mundo=1&id_prod=133334&id_cat=-1&tpCa=0&caN0=0&caN1=0&caN2=0&caN3=0 Consultada en 11-11-2008, vigente a la fecha de 24-12-2010.

SODIMAC, 2008. Estanque bicapas Aquatank 1000 litros, Infraplast. Depósitos y Estanques, www.sodimac.cl, disponible en:

http://www.sodimac.cl/webapp/commerce/command/ProductDisplay?Path_Familia=&Area_Familia=&Path_Grupo=&Area_Grupo=&Path_Conjunto=&Area_Conjunto=&cgnbr=&area=&areacgnbr=&depto=&prnbr=123141-3&prmenbr=542&ubic=&ubicdpto=&Area_Familia= Consultado en 10-08-2008, vigente a la fecha de 24-12-2010.

ANEXO A**Distribución de habitaciones de la Vivienda.**

(Fuente: SOCOVESA, 2008)



ANEXO B

**Estimación de la cantidad de agua lluvia a captar en la techumbre
de la Vivienda en [m³]**

(Fuente: Elaboración Propia, basado en Dirección Meteorológica de Chile, 2008)

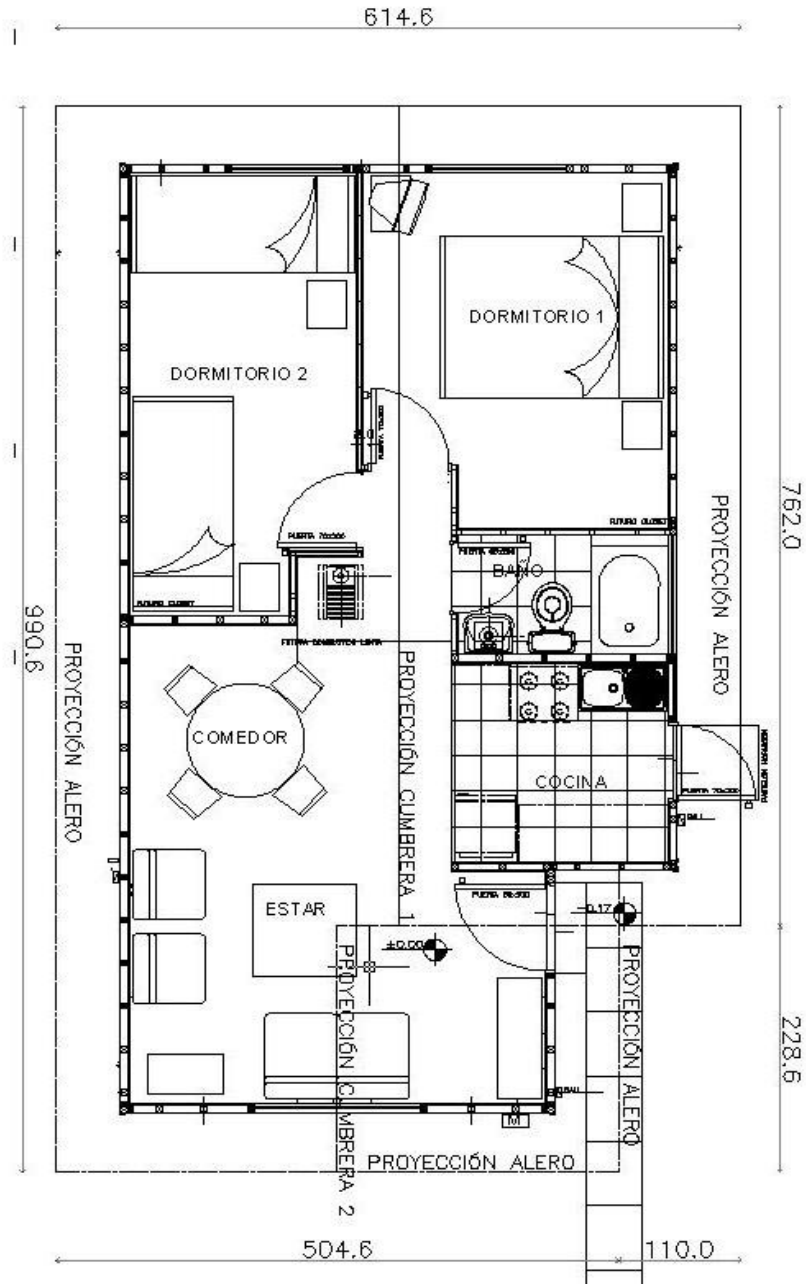
AÑO 2007												
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	-	-	-	-	0,67	0,04	0,27	-	-	-	0,03	-
2	-	-	-	-	0,77	-	0,60	-	1,14	0,10	-	0,07
3	-	-	-	-	0,21	-	0,19	-	1,72	0,01	-	0,02
4	-	-	0,00	-	0,02	-	2,67	0,28	0,13	0,13	-	-
5	-	-	0,00	-	-	0,44	0,29	-	0,02	0,30	-	0,19
6	-	-	0,00	-	-	0,17	0,08	2,63	0,11	-	-	0,10
7	-	-	1,33	-	-	0,92	-	0,66	0,78	-	-	0,23
8	-	-	0,22	0,34	-	0,60	-	-	0,88	-	0,20	-
9	-	-	0,01	0,57	0,01	0,49	-	-	0,32	0,00	0,02	0,36
10	-	-	0,20	1,31	0,12	0,88	-	-	-	-	-	0,00
11	-	0,15	0,03	0,05	-	1,60	0,20	-	-	-	0,00	0,00
12	-	0,01	-	0,35	0,02	0,02	1,78	3,92	-	0,24	0,10	-
13	-	0,20	-	1,42	0,42	0,16	0,39	0,92	0,09	0,23	-	0,20
14	-	1,83	-	0,03	-	0,08	0,53	0,12	-	-	-	-
15	-	0,36	-	0,29	0,18	0,38	0,35	-	0,11	2,01	0,03	-
16	-	-	-	2,71	0,03	0,75	0,69	-	0,19	0,54	0,57	-
17	-	-	0,01	0,55	-	-	0,53	-	-	-	-	-
18	-	-	0,00	0,66	-	0,05	1,51	-	0,02	0,44	-	-
19	-	-	-	-	0,51	0,77	0,93	-	0,57	0,36	-	-
20	-	-	0,70	-	0,06	2,76	0,90	0,73	0,14	0,09	-	-
21	-	0,07	-	-	-	1,55	0,83	0,02	0,23	-	0,03	-
22	1,23	-	-	-	-	0,38	1,85	0,70	-	-	-	-
23		-	-	0,52	-	0,06	0,23	-	-	-	-	-
24		-	0,03	-	0,00	-	0,26	0,02	-	0,93	-	-
25		-	-	-	-	0,01	0,03	0,33	-	0,42	-	-
26		-	-	-	-	-	0,00	0,70	-	0,06	-	-
27		-	-	-	-	0,00	-	0,04	-	0,23	-	-
28		-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,20	-	-
29			-	0,01	0,01	-	0,34	-	-	0,03	0,10	0,03
30	-		-	0,15	0,61	-	-	-	-	-	0,06	0,19
31	-		-		0,27	-	-	-	-	-		-

1,23	2,62	2,53	8,96	3,91	12,1	15,4	11	6,46	6,32	1,16	1,4
------	------	------	------	------	------	------	----	------	------	------	-----

Acumulado Anual	73,167
------------------------	---------------

ANEXO C**Superficie de proyección del Alero.**

(Fuente: SOCOVESA, 2008)



SUPERFICIE DE PROJ. ALERO		
AREA	DIMENSIONES	TOTAL PARCIAL
A	6.146 X 7.62	46.83 M2
B	5.046 X 2.286	11.53 M2
SUPERFICIE PROJ. TOTAL ALERO		58.36 M2

ANEXO D

Tabla con diámetros nominales, clase y espesor de pared de tuberías de PVC.

Tubería hidráulica color celeste largo útil 6.0 m

Diam.Exterior		Clase 4		Clase 6		Clase 10		Clase 16 (*)	
Nominal (mm)	Nominal (pulg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)
20	1/2	-	-	-	-	-	-	1,5	0,83
25	3/4	-	-	-	-	1,5	1,05	1,9	1,28
32	1	-	-	-	-	1,8	1,59	2,4	2,06
40	1 1/4	-	-	1,8	2,02	2,0	2,20	3,0	3,16
50	1 1/2	-	-	1,8	2,54	2,4	3,32	3,7	4,87
63	2	-	-	1,9	3,45	3,0	5,24	4,7	7,90
75	2 1/2	1,8	3,94	2,2	4,80	3,6	7,49	5,6	11,19
90	3	1,8	4,76	2,7	6,94	4,3	10,73	6,7	16,02
110	4	2,2	7,13	3,2	10,10	5,3	16,10	8,2	23,99
125	4/2	2,5	9,11	3,7	13,12	6,0	20,57	9,3	30,88
140	5	2,8	11,33	4,1	16,37	6,7	25,78	10,4	38,66
160	6	3,2	14,88	4,7	21,26	7,7	33,83	11,9	50,47
200	8	4,0	22,93	5,9	33,25	9,6	52,74	14,7	78,15
250	10	4,9	35,14	7,3	51,66	12,0	82,41	18,6	123,78
315	12	6,2	56,35	9,3	82,20	15,0	130,30	23,4	197,07
355	14	7,0	71,37	10,4	104,76	17,0	166,77	26,3	250,33
400	16	7,9	90,88	11,7	132,79	19,1	211,97	29,7	318,87

Fuente: CDT, 2009.

ANEXO E

Coeficientes referenciales de pérdida de carga singular "K" a utilizar en procedimiento según método cinético

Tipo de accesorio	Coefficiente, K
Ampliación gradual	0,30
Codo de 90°	0,90
Codo de 45°	0,40
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Curva de 22° 30'	0,10
Entrada normal en tubo	0,50
Entrada de borda	1,00
Válvula de ángulo, abierto	5,00
Válvula compuerta, abierto	0,20
Válvula tipo globo, abierto	10,00
T, paso directo	0,60
T, salida lateral	1,30
T, salida bilateral	1,80
Válvula de pie	1,75
Válvula de retención	2,50
Válvula de bola de paso total	0,20
Válvula de bola de paso estándar	0,20

Fuente: INN, 2000.

ANEXO F

Especificaciones Técnicas Materiales para confección de Solución Individual.

1. Sistema Recolección.

1.1 Canales de Aguas Lluvias:

Serán de plancha zinc-alum de 0,35 mm. de espesor y 32 cms. de desarrollo, irán dispuestas según indica el plano de arquitectura. Sus uniones irán soldadas y remachadas cubierta por malla arnero.

1.1.1 Malla Arnero:

Malla soldada galvanizada harnero N° 4 de 0.60 x 1.5 m, "Alambra" o similar.

1.2 Bajada de Aguas Lluvias:

Serán de plancha zinc-alum de 0,35 mm. de espesor y 32 cms. de desarrollo, irán dispuestas según indica el plano de arquitectura.

2. Sistema de Acumulación.

2.1 Estructura de Soporte Estanque.

Estructura será se Perfil tubular rectangular 30 x 20 x 2.0 mm., de acero estructural soldable en tiras de 6 metros.

2.2 Estanque de Acumulación:

Estanque de acumulación de polietileno de alta densidad de 1.200 lt. Marca Infraplast o similar.

3. Sistema de Conducción:

3.1 Fittings PVC presión:

3.1.1 Salida estanque 25 mm. x 3/4" cementar PVC sanitario presión, Vinilit o similar.

3.2 Tubo PVC-p c16 20x6000mm.

Tubería PVC de 20 mm, en tiras de 6,0 mt. clase 16, marca Vinilit o similar.

3.3 Válvula bola paso total. 3/4" metal zincada.

Válvula de bola de paso total de 3/4", metálica marca Stretto o similar.

3.4 Válvula retención s/filtro 3/4plg.

Válvula de retención sin filtro, 3/4" marca Bronzzo o similar.

3.5 Codo PVC-P 90° de 20 x 20 mm Cementar.

Codo PVC 90° de 20x20 mm. SO-SO, vinilit o similar.

3.6 Terminal PVC presión 20 mm. x 1/2 pulgada Cementar-HE.

Terminal PVC 20 mm.

3.7 Medidor de Caudal 1/2"

Medidor agua 1/2" con unión, unión R3/4".

4. Accesorios:

4.1. Adhesivo:

Adhesivos para soldar PVC, marca vinilit o similar.

4.2. Teflón.

Teflon 1/2pulg. x 10mt. Basic.

5. Mano de Obra.

5.1. Cotización a contratista Martín Cárcamo.

Tabla N° 10: Inversión v/s Ahorro con Tasa de interés 0%.

Tasa de Interés

0,00%

AÑO		1	2	3	4
Inversión	\$ 232.570				
Costo Operación					
Ahorro		\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
Flujo Neto Actualizado		\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
FLUJO ACUMULADO	\$ (232.570)	\$ (217.472)	\$ (202.374)	\$ (187.276)	\$ (172.178)

5	6	7	8	9	10	11
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ (157.080)	\$ (141.982)	\$ (126.884)	\$ (111.786)	\$ (96.688)	\$ (81.590)	\$ (66.492)

12	13	14	15
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ (51.394)	\$ (36.296)	\$ (21.198)	\$ (6.100)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 11: Inversión v/s Ahorro con Tasa de interés 5%.

Tasa de Interés

5,00%

AÑO		1	2	3	4
Inversión	\$ 232.570				
Costo Operación					
Ahorro		\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
Flujo Neto Actualizado		\$ 14.379	\$ 13.694	\$ 13.042	\$ 12.421
FLUJO ACUMULADO	\$ (232.570)	\$ (218.190)	\$ (204.496)	\$ (191.454)	\$ (179.033)

5	6	7	8	9	10	11
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 11.830	\$ 11.266	\$ 10.730	\$ 10.219	\$ 9.732	\$ 9.269	\$ 8.827
\$ (167.203)	\$ (155.937)	\$ (145.207)	\$ (134.988)	\$ (125.256)	\$ (115.987)	\$ (107.159)

12	13	14	15	16	17	18
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 8.407	\$ 8.007	\$ 7.626	\$ 7.262	\$ 6.917	\$ 6.587	\$ 6.274
\$ (98.752)	\$ (90.745)	\$ (83.120)	\$ (75.857)	\$ (68.941)	\$ (62.354)	\$ (56.080)

19	20	21	22	23	24	25
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 5.975	\$ 5.690	\$ 5.419	\$ 5.161	\$ 4.915	\$ 4.681	\$ 4.458
\$ (50.105)	\$ (44.415)	\$ (38.996)	\$ (33.834)	\$ (28.919)	\$ (24.238)	\$ (19.779)
26	27	28	29	30		

\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 4.246	\$ 4.044	\$ 3.851	\$ 3.668	\$ 3.493
\$ (15.533)	\$ (11.489)	\$ (7.638)	(3.970)	\$ (476)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 12: Inversión v/s Ahorro con Tasa de interés 6%.

Tasa de Interés

6,00%

AÑO		1	2	3	4
Inversión	\$ 232.570				
Costo Operación					
Ahorro		\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
Flujo Neto Actualizado		\$ 14.243	\$ 13.437	\$ 12.677	\$ 11.959
FLUJO ACUMULADO	\$ (232.570)	\$ (218.326)	\$ (204.889)	\$ (192.212)	\$ (180.253)

5	6	7	8	9	10	11
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 11.282	\$ 10.643	\$ 10.041	\$ 9.473	\$ 8.936	\$ 8.431	\$ 7.953
\$ (168.971)	\$ (158.328)	\$ (148.287)	\$ (138.814)	\$ (129.878)	\$ (121.447)	\$ (113.493)

Continua...

12	13	14	15	16	17	18

\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 7.503	\$ 7.079	\$ 6.678	\$ 6.300	\$ 5.943	\$ 5.607	\$ 5.289
\$ (105.990)	\$ (98.912)	\$ (92.234)	\$ (85.934)	\$ (79.991)	\$ (74.384)	\$ (69.094)

19	20	21	22	23	24	25
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 4.990	\$ 4.708	\$ 4.441	\$ 4.190	\$ 3.953	\$ 3.729	\$ 3.518
\$ (64.104)	\$ (59.397)	\$ (54.955)	\$ (50.766)	\$ (46.813)	\$ (43.084)	\$ (39.566)

26	27	28	29	30	31	32
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 3.319	\$ 3.131	\$ 2.954	\$ 2.786	\$ 2.629	\$ 2.480	\$ 2.340
\$ (36.248)	\$ (33.117)	\$ (30.163)	\$ (27.377)	\$ (24.748)	\$ (22.268)	\$ (19.929)

33	34	35	36	37	38	39
\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 2.207	\$ 2.082	\$ 1.964	\$ 1.853	\$ 1.748	\$ 1.649	\$ 1.556
\$ (17.721)	\$ (15.639)	\$ (13.675)	\$ (11.822)	\$ (10.074)	\$ (8.424)	\$ (6.868)

Continua...

40	41	42	43	44
----	----	----	----	----

\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098	\$ 15.098
\$ 1.468	\$ 1.385	\$ 1.306	\$ 1.232	\$ 1.163
\$ (5.401)	\$ (4.016)	\$ (2.709)	\$ (1.477)	\$ (314)

Fuente: Elaboración propia.

Se concluye de las anteriores tablas, que el periodo de amortización de la inversión necesario para implementar el sistema de recolección, sin considerar tasa de interés, es de 15 años. Este plazo de amortización aumenta al aumentar la tasa de interés, reflejada en el Grafico N° 2.

Gráfico N° 2: Tiempo de recuperación de la inversión según Tasa de Interés.



Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO IV.- Diseño y Evaluación Económica de Sistema Colectivo para una población de 50 viviendas sociales.

4.1.- Descripción general del sistema de recolección.

Para este análisis se ha considerado una población de 50 viviendas idénticas a las consideradas en el estudio de la solución individual. El objeto de la provisión centralizada de aguas lluvias es aprovechar la totalidad de las aguas lluvias sin que existan las limitaciones del estanque individual, aprovechando economías de escala.

El sistema de captación y reutilización de aguas lluvias en una villa o población funcionaría a través de una cooperación conjunta de sistemas individuales de recolección.

La recolección de las precipitaciones, al igual que en el caso individual se efectúa a través de las techumbres de las viviendas.

Luego de ser captada las aguas, serán dirigidas por gravedad a un estanque común de acumulación que se ubicará en las cercanías de la villa.

Esta alternativa consta de cuatro sistemas: a) el sistema de recolección, de cada vivienda individual; b) red de conducción de las aguas lluvias al estanque; c) estanque, d) Sistema de impulsión, de presurización y distribución.

4.2. Diseño del Sistema.

4.2.1. Conducción de las aguas lluvias al estanque.

Las Aguas Lluvias de cada vivienda serán conducidas a un estanque a través de una red de alcantarillado diseñada para captar y conducir exclusivamente las aguas lluvias captadas en el techo de cada vivienda. El cálculo se hará considerando la lluvia máxima.

Considerando que el máximo de agua recolectada por año es 73 m^3 en cada vivienda en la ciudad de Valdivia (Ver Tabla N° 5), en conjunto la villa de 50 viviendas recolectaría 3650 m^3 . A escala mayor se debe aprovechar la totalidad de agua recolectada, por ello la canalización de las aguas recolectadas deben ser íntegramente dirigidas al estanque.

Para determinar la máxima capacidad que necesita tener la red que dirige el agua recolectada hacia el estanque de acumulación, se utilizará como referencia la intensidad lluvia caída en Valdivia obtenida por la planta Arauco de Valdivia.

Tabla N° 13: Intensidad de Lluvia en Planta Arauco Valdivia.

		Período de Retorno T (años)					
		2	5	10	25	50	100
Duración t		Intensidad de Lluvia I (T, t) (mm/hr)					
Horas	minutos						
	5	47.83	60.00	67.59	76.75	83.25	89.64
	10	36.77	46.23	52.04	59.04	64.13	69.04
	15	31.12	39.08	44.00	49.96	54.20	58.40
	20	25.92	32.55	36.67	41.62	45.17	48.65
	25	22.37	28.11	31.65	35.92	38.99	42.01
	30	20.22	25.40	28.60	32.46	35.24	37.96
	45	15.87	19.93	22.44	25.47	27.64	29.77
1	60	13.69	17.19	19.36	21.97	23.85	25.69
2		9.61	12.07	13.59	15.42	16.74	18.03
4		7.51	9.43	10.62	12.05	13.08	14.09
6		6.46	8.11	9.13	10.36	11.25	12.12
8		5.84	7.34	8.26	9.38	10.18	10.97
10		5.30	6.65	7.49	8.50	9.23	9.94
12		4.76	5.98	6.73	7.64	8.29	8.93
14		4.45	5.59	6.29	7.14	7.75	8.35
16		4.17	5.23	5.89	6.69	7.26	7.82
18		3.94	4.94	5.57	6.32	6.86	7.39
20		3.67	4.62	5.20	5.90	6.40	6.90
22		3.47	4.36	4.91	5.57	6.04	6.51
24		3.24	4.07	4.58	5.20	5.65	6.08

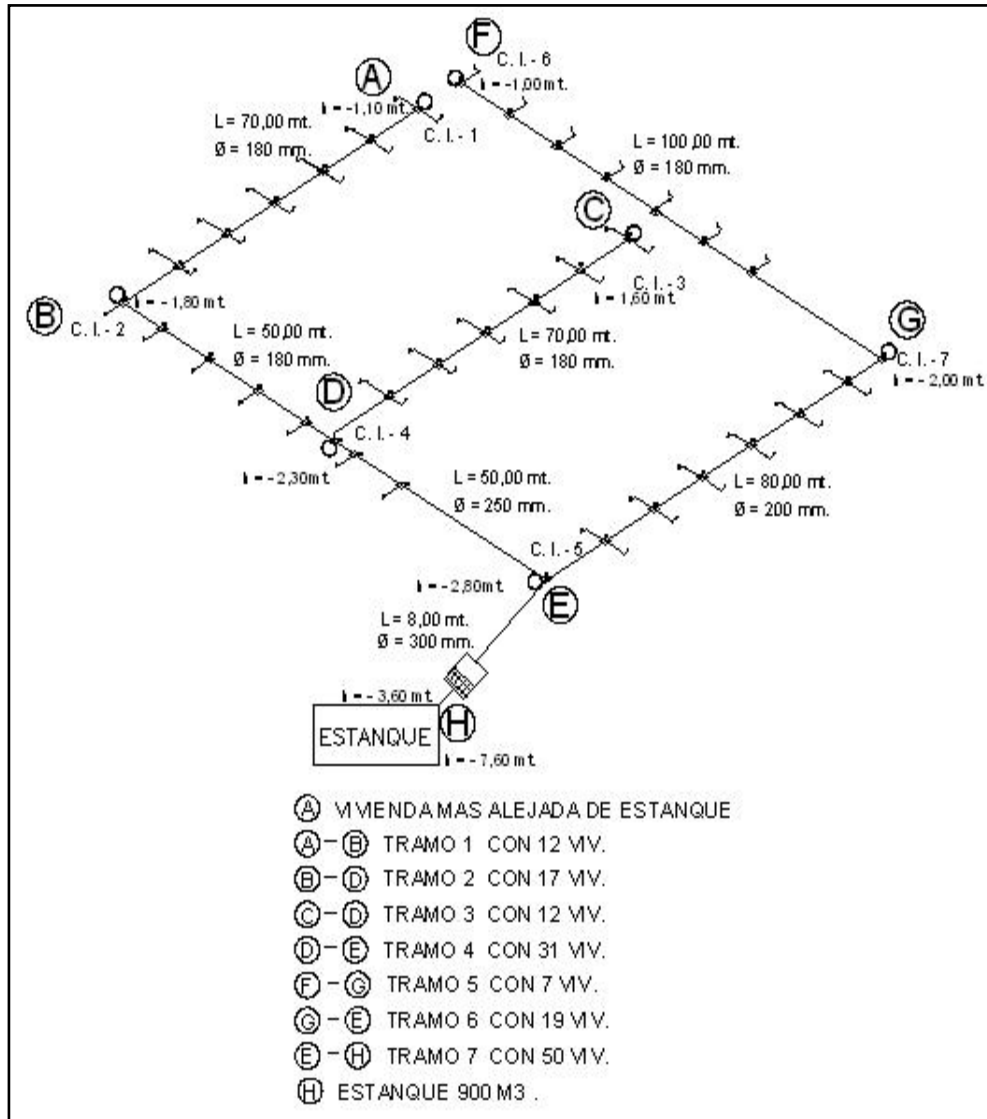
Fuente: Celulosa Arauco Valdivia, 2010.

Los caudales a considerar se efectuarán para intensidad máxima de lluvia en 5 minutos y con un periodo de retorno de 25 años con lo que se obtiene un caudal de 76,75 mm/hr. Con esta intensidad y considerando la superficie de la cubierta de 58 m², el caudal máximo recolectado en cada vivienda de 0,00124 m³/seg.

La red diseñada que se describe a continuación cumple con los siguientes criterios:

- Diámetros mínimos basados en la NCh 1105 of 1999
- Pendiente crítica en tuberías de alcantarillado es de 0,3 % y la pendiente recomendada es de 0,5 %. Por lo que en nuestro sistema usamos 1% para obtener un recorrido más expedito y no mayor para evitar la profundización del estanque recolector de aguas lluvias, según Nch 1105.
- Se considera la superficie de emplazamiento de la villa como horizontal.
- El límite de velocidad tiene que ser igual o mayor a la velocidad mínima de autolavado según ASCE 1994.
- La red debe cumplir con la relación de profundidad versus diámetro según NCh 1105.

Figura N° 12: Esquema isométrico de la red de recolección de agua lluvia y conducción hacia el estanque.



Fuente: Elaboración Propia.

Los cálculos se efectuaron considerando la metodología propuesta por ASCE (1994) – Gravity Sanitary Sewer Design and Construction.

Antes de ingresar al estanque, las aguas deben pasar por una cámara de rejas, para retener sólidos de arrastre o flotantes.

4.2.2.- Dimensionamiento del Estanque.

El estanque que se necesita para recoger toda el agua necesaria para satisfacer el consumo diario será el siguiente:

Para obtener una autonomía máxima de las viviendas, con respecto al uso del agua potable en el WC, se considerará un estanque que pueda almacenar la mayor cantidad de agua lluvia posible.

El tamaño necesario para la autonomía del sistema supone un estanque de gran envergadura, el cual será de hormigón armado, debido a la nula oferta de otro tipo de estanques o similares artefactos para la acumulación de agua de este tamaño. El método para identificar el tamaño óptimo del estanque se realizó considerando la cantidad de agua caída durante el año 2007 presentado en el Anexo E.

Estimando la acumulación de agua lluvia en todas las viviendas y luego restándole el consumo de agua para todos los WC de la villa, los cálculos son presentados en el Anexo F.

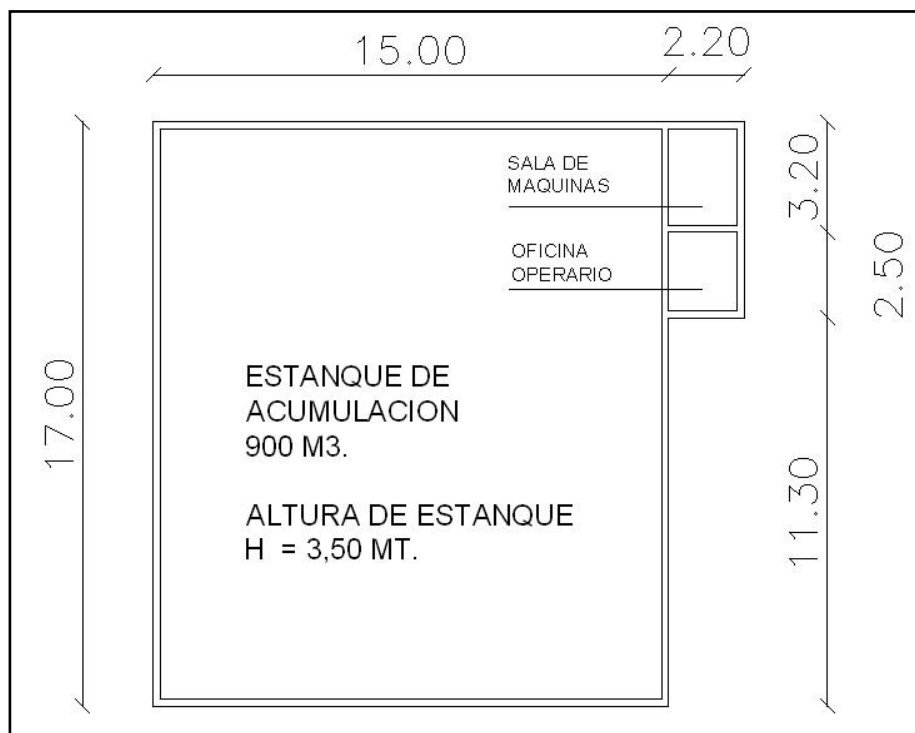
Inicialmente se tendrá un estanque de 3,50 metros de altura, 17,00 metros de largo y 15,00 metros de ancho con lo que se tendría una capacidad total del estanque de aproximadamente 900 metros cúbicos de almacenamiento.

El área de los muros sumado al área inferior y superior da un total de 734 m², considerando que al contener agua los muros deben ser resistentes, el estanque debe ser de hormigón armado de un espesor uniforme, para tener un grado de tolerancia con respecto a los esfuerzos máximos, de 20 centímetros. Por ende con una superficie de 734 m² con un

espesor constante de 20 cm. se obtiene un volumen de $146,80 \text{ m}^3$, que es resumen es la cantidad de hormigón necesaria para la construcción del estanque.

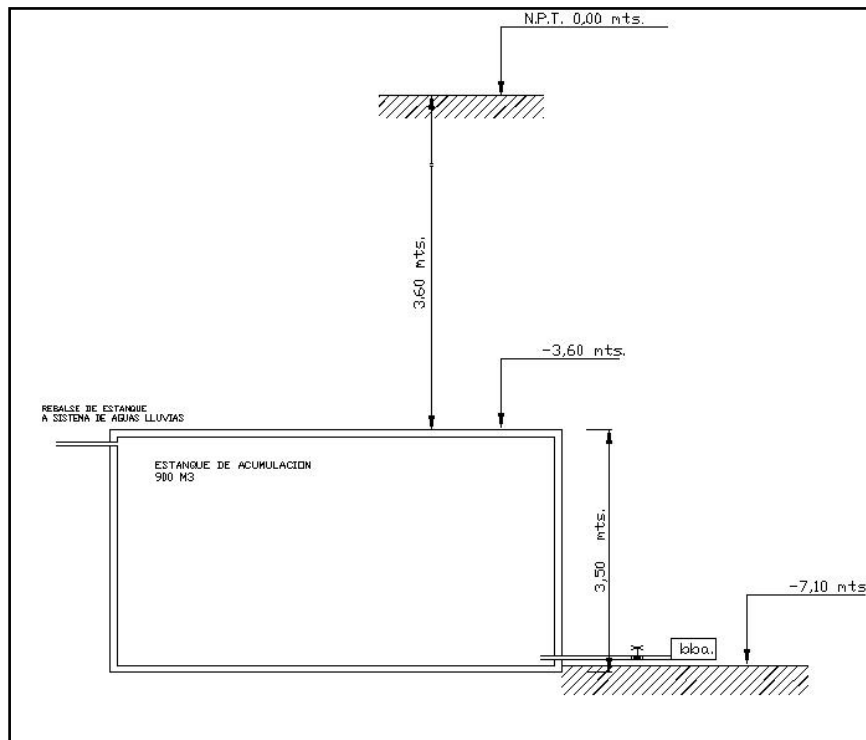
El estanque deberá tener un rebalse que evite el colapso del estanque y que estará conectado con la red de aguas lluvias existente de la villa.

Figura N° 13: Esquema de estanque de acumulación y sala de máquinas.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 14: Esquema de estanque.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.- Sistema de Alimentación de aguas a las viviendas.

4.2.3.1.- Red de Agua

El suministro de agua de lluvia a las viviendas de la villa debe ser mediante un sistema de bombas. Se ha considerado como requisito de presión, la presión mínima fijada en la norma chilena para la red pública para máximo consumo horario es de 15 m.c.a excluyendo el arranque.

Con lo anterior, el agua ingresará al estanque del WC con caudal suficiente, cualquiera sea el tipo de válvula de admisión que se utilice.

La red de tuberías será de PVC hidráulico Clase 10, con diámetros mínimos establecidos para red pública de distribución de agua potable, es decir de 100 mm.

El cálculo de caudales se determinará considerando como tal el valor mayor de entre los caudales calculados según los siguientes procedimientos:

- a) Asumir una distribución similar a la de la red de agua potable. Es decir, distribuir el consumo de agua del WC de cada vivienda en 24 horas, multiplicándolo por un factor de consumo máximo diario (2). En seguida, considerar un consumo máximo instantáneo, aplicando al consumo máximo diario un factor (2).

Consumo de una Viv. 8 lts. Por 4 personas y 5 veces al día es igual a un consumo de 160 litros por vivienda al día por 50 viviendas de la villa 8.000 litros por día, entonces se tiene 5,556 lts/min.

- b) Asumir la distribución de gasto máximo probable que proporciona el RIDAA para instalaciones domiciliarias (aplicable en forma condicionada a establecimientos comerciales como podrían ser hoteles u otros).

En donde el Q.I. (lts/min) 10 (lts/min) para un WC (RIDAA, 2002)

$$Q.M.P. = 1.7391 * QI^{0.6891}$$

$$Q.M.P. = 1.7391 * 500^{0.6891}$$

$$Q.M.P. = 125,95 \text{ (lts/min).}$$

Evidentemente este enfoque es más exigente que la opción anterior, por lo cual se asumió esta distribución para los cálculos siguientes.

Para calcular las pérdidas regulares producto del roce con la tubería, se usará la fórmula de Hazen y Williams (NCh 2483, 2000), cuya representación es:

$$J = 10,665 \cdot \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,869}}$$

Donde:

J: Pérdida de carga en tanto por uno (m.c.a./m) (adimensional).

Q: Caudal en [m³/seg].

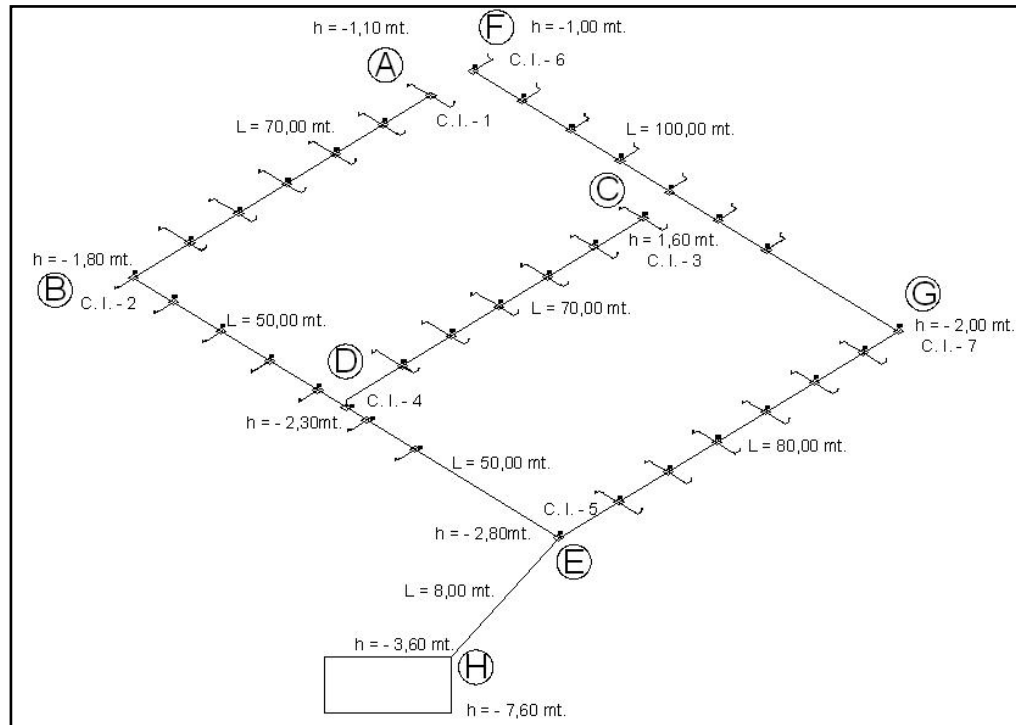
D: Diámetro interior de la tubería en metros.

C: Coeficiente de Rugosidad (C=150).

El factor C = 150 para el empleo de la fórmula de Hazen – Williams en tuberías de PVC, ha sido establecido conservadoramente luego de una serie de investigaciones en el laboratorio de hidráulica Alden del instituto Politécnico de Worcester.

Para la alimentación de las viviendas se utilizará tuberías de PVC hidráulico de variados diámetros según el caudal instalado, con lo que el cálculo de las pérdidas da de la siguiente manera:

Figura N° 15: Tramos considerados para el cálculos de pérdida de carga en tuberías.



Fuente: Elaboración Propia.

En donde el circuito 1 va desde H a A, el circuito 2 va desde H a C y el circuito 3 va desde H a F.

Tabla N° 15: Pérdida de carga regular en Red H - A.

Tramo	CAUDAL		D [mm]	L [m]	Pérdida de Carga			Vel. [m/s]
	Inst. QI	Más. P. QMP			J Unit.	J*L Tramo	J Acum	
H - E	500	126	81,4	8	0,028	0,226	0,226	0,403
D - E	310	91	81,4	34,6	0,012	0,404	0,630	0,290
D - E'	300	89	67,8	16,3	0,027	0,436	1,066	0,409
D - E'	290	87	67,8	4,9	0,025	0,123	1,189	0,399
D - B	170	60	57	6,8	0,022	0,148	1,337	0,391
D - B	160	57	57	11,40	0,019	0,221	1,558	0,375
D - B	150	55	57	11,6	0,017	0,200	1,758	0,359
D - B	140	52	57	11,4	0,015	0,173	1,931	0,342
D - B	130	50	57	9,5	0,013	0,126	2,057	0,325
B - A	120	47	57	13,4	0,011	0,153	2,209	0,308
B - A	100	42	45,2	11,6	0,025	0,292	2,501	0,432
B - A	80	36	45,2	11,4	0,017	0,190	2,691	0,370
B - A	60	29	36	11,7	0,030	0,346	3,037	0,478
B - A	40	22	36	11,4	0,014	0,159	3,197	0,362
B - A	20	14	28,4	11,4	0,012	0,140	3,337	0,361

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 16: Pérdida de carga regular en Red H - C.

Tramo	CAUDAL		D [mm]	L [m]	Pérdida de Carga			Vel. [m/s]
	Inst. QI	Más. P. QMP			J Unit.	J*L Tramo	J Acum	
H - E	500	126	81,4	8	0,028	0,226	0,226	0,403
E - G	190	65	81,4	14,4	0,005	0,068	0,294	0,207
E - G	170	60	67,8	11,8	0,009	0,110	0,404	0,276
E - G	150	55	57	11,6	0,017	0,200	0,604	0,359
E - G	130	50	57	11,80	0,013	0,156	0,760	0,325
E - G	110	44	45,2	11,6	0,030	0,348	1,109	0,461
E - G	90	39	45,2	11,6	0,021	0,240	1,349	0,401
G - F	70	32	45,2	40,0	0,013	0,520	1,869	0,337
G - F	60	29	45,2	11,6	0,010	0,113	1,982	0,303
G - F	50	26	36	11,8	0,021	0,249	2,231	0,422
G - F	40	22	36	11,6	0,014	0,162	2,393	0,362
G - F	30	18	28,4	11,8	0,026	0,307	2,700	0,477
G - F	20	14	28,4	11,6	0,012	0,142	2,843	0,361
G - F	10	9	22	11,6	0,012	0,137	2,980	0,373

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 17: Pérdida de carga regular en Red H - F.

Tramo	CAUDAL		D [mm]	L [m]	Pérdida de Carga			Vel. [m/s]
	Inst. QI	Más. P. QMP			J Unit.	J*L Tramo	J Acum	
H - E	500	126	81,4	8	0,028	0,226	0,226	0,403
E - D	310	91	81,4	34,6	0,012	0,404	0,630	0,290
E - D	300	89	67,8	16,3	0,027	0,436	1,066	0,409
E - D	290	87	67,8	4,9	0,025	0,123	1,189	0,399
D - C	120	47	57	14,2	0,011	0,162	1,351	0,308
D - C	100	42	57	11,60	0,008	0,094	1,445	0,271
D - C	80	35,6241	45,2	11,5	0,017	0,191	1,636	0,370
D - C	60	29,2179	45,2	11,6	0,010	0,113	1,750	0,303
D - C	40	22,0955	36	11,4	0,014	0,159	1,909	0,362
D - C	20	13,7045	28,4	11,4	0,012	0,140	2,049	0,361

Fuente: Elaboración Propia.

Siendo:

D: diámetro interior tubería.

L: Largo del tramo.

J: Pérdida unitaria, por metro lineal.

Vel: Velocidad del agua en el tramo.

P disp.: Presión disponible en el punto en cuestión.

Los diámetros interiores correspondientes a los diámetros comerciales se obtuvieron del Anexo F.

A las pérdidas por roce en tubería, se le debe sumar la pérdida por las singularidades desde el estanque a la última vivienda. En este tramo se tienen:

El tramo más desfavorable según los datos presentados, es el comprendido entre el estanque y el punto F. En este tramo por concepto de pérdidas de carga en la tubería se tiene una pérdida regular de 3,34 m.c.a.

En el punto F existe una entrada a la tubería ($K = 0,50$), en el punto E existe una TEE de salida lateral ($K = 1,30$), en el circuito N° 2 existen 6 (seis) TEE de paso directo ($K = 0,6$) a continuación un codo de 90° ($K = 0,90$), luego existen 6 (seis) TEE de paso directo ($K = 0,6$) y en el punto B existe un codo de 90° ($K = 0,90$).

Entonces según NCh 2485 se tiene:

$$J_s = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

En donde:

J_s : Pérdida singular [m.c.a.].

V: Velocidad de escurrimiento [m/s].

g: Aceleración de gravedad $9,81$ [m/s^2].

K: Coeficiente de proporcionalidad que depende de las características específicas de cada pieza especial (Véase Anexo F).

$V^2 / 2g$ = altura de velocidad.

Tabla N° 18: Cálculo de pérdidas por singularidades.

Tramo	D INT. [mm]	K	Pérdida de Carga		Vel. [m/s]
			J Unit. m.c.a.	J acum. m.c.a.	
H - E	99,4	0,50	0,002	0,002	0,271
E - E1	99,4	1,30	0,005	0,007	0,271
E1 - E2	81,4	0,60	0,003	0,009	0,290
E2 - E3	81,4	0,60	0,002	0,012	0,284
E3 - E4	81,4	0,60	0,002	0,014	0,277
E4 - E5	67,8	0,60	0,002	0,016	0,276
E5 - E6	67,8	0,60	0,002	0,019	0,265
E6 - E7	67,8	0,60	0,002	0,021	0,254
E7 - E8	67,8	0,90	0,003	0,023	0,242
E8 - E9	67,8	0,60	0,002	0,025	0,230
E9 - E10	67,8	0,60	0,001	0,026	0,217
E10 - E11	57	0,60	0,002	0,029	0,271
E11 - E12	57	0,60	0,002	0,030	0,233
E12 - E13	45,2	0,60	0,003	0,033	0,303
E13 - E14	45,2	0,60	0,002	0,035	0,230
E14 - F	28,4	0,90	0,006	0,041	0,360

Fuente: Elaboración Propia.

Las pérdidas del tramo más desfavorable son:

$$J_T = J_R + J_S$$

$$J_T = 3,337 + 0,041 \text{ [m.c.a.]}$$

$$\mathbf{J_T = 3,378 \text{ [m.c.a.]}}$$

Donde:

J_T : Suma de pérdidas totales.

J_R : Pérdida regular producto del roce en la tubería.

J_S : Pérdida producto de las singularidades.

La suma de las pérdidas antes mencionadas más la diferencia de cota desde el nivel mínimo del pozo hasta la cota del arranque del tramo más desfavorable (7,100 m.c.a.)

4.2.3.2 Selección del equipo Hidroneumático.

El equipo debe ser capaz de proporcionar la energía suficiente para:

- Absorber las pérdidas de carga (3,378 m.c.a.)
- Elevar el agua desde el nivel mínimo del pozo hasta la cota del arranque del tramo más desfavorable (7,100 m.c.a.)
- Entregar en el arranque de este último tramo, la presión de 15 m.c.a.
- Agregar la sobrepresión diferencial del equipo hidroneumático (diferencia entre presión de partida y de parada) equivalente a 10 m.c.a.

Por lo tanto, la bomba debe tener una altura de elevación de al menos 34,878 m.c.a.

Entonces, se debe seleccionar una bomba de caudal máximo probable 126 lts/min, con altura de elevación de al menos 36 m.c.a.

Después de tener las pérdidas en la red de distribución se seleccionará el equipo hidroneumático necesario.

La empresa VOGT S.A. seleccionó un equipo basado en Bomba VOGT modelo N614 MMS 209de 5,5 HP, 2.900 r.p.m. y 50 Hz que tiene un consumo de 70 W. El equipo contará con 2 bombas de este tipo, una estará en servicio y la otra en stand-by.

Las características de operación son las siguientes:

Presión	Caudal
36 atm	máx. 157,42 lt/min
42 atm	mín. 122,00 lt/min
Pres. Media	med. 139,71 lt/min

El volumen del estanque de presurización corresponde a Vogt (2010), según el caudal medio (Q_m), el tiempo mínimo de detención antes de la siguiente partida, y las presiones máximas y mínimas.

$$VR = \frac{Q_m \times T}{4}$$

$$VR = \frac{139,71 \times 2,0}{4}$$

$$VR = 69,86 \text{ [Lts]}$$

Siendo $T = 2$ min., (para motor entre 5,0 y 7,5 HP)

Con lo anterior, el volumen del Hidropack se obtiene de la siguiente manera.

$$VH = \frac{VR \times (P_b + 10)}{(P_b - P_a)}$$

$$VH = \frac{67 \times (46 + 10)}{(46 - 36)}$$

$$VH = 391,19 \text{ [Lts]}$$

Por lo tanto se instalará un estanque hidroneumático de 400 litros marca VAREM con manómetro y presostato.

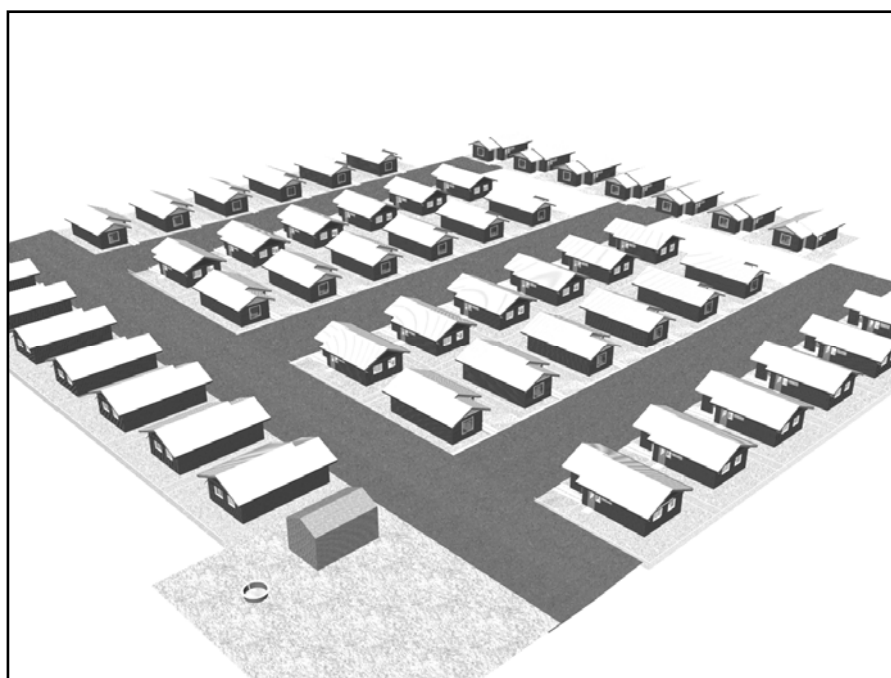
La llega del agua al WC es similar a la propuesta en el sistema de una vivienda, con una llave de paso que alimenta al WC de agua potable y otra de agua reciclada, debiendo hacer el cambio de suministro manualmente y con precaución de que no se produzca una mezcla de las aguas.

4.3.- Evaluación económica del Sistema de recolección Colectivo.

Luego de tener los diámetros de las tuberías a usar en la conducción de las aguas lluvias desde las viviendas hacia el estanque de acumulación, corresponde proseguir con la ejecución de las obras para la instalación propiamente tal de la red. Para ello es necesario utilizar una maquinaria para realizar las excavaciones en las cuales irá la red adicional que conducirá el agua recolectada hacia el estanque.

Según emplazamiento de la villa, se necesitará 800 metros de excavaciones. La maquinaria trabaja a un ritmo de 120 metros por día, considerando obstáculos normales en la construcción. (Datos obtenidos en terreno).

Figura N° 16: Emplazamiento de la Villa con 50 viviendas.



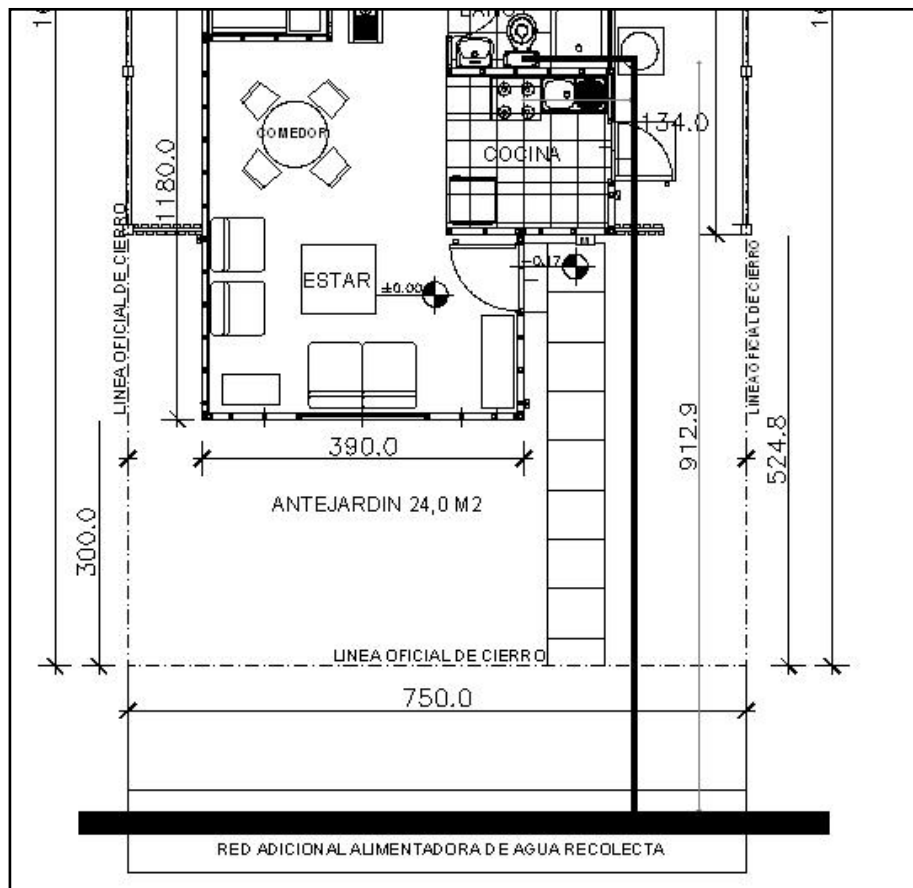
Fuente: Elaboración Propia.

Con los datos existentes, se calcula que para realizar el trabajo completo de excavaciones se necesita 8 días de trabajo, es decir, 64 horas de trabajo de la maquinaria.

Luego se debe considerar la canalización que llevará el agua recolectada hacia el estanque. La cantidad de tubería en metros lineales está directamente relacionada con las excavaciones, que son de un total de 800 metros, pero a estos se le debe sumar el material utilizado desde el empalme a la red adicional hasta el W.C. de cada casa.

Para una casa se usará como mínimo 10.5 metros lineales de tubería 110 mm. (Véase Fig. 9), lo que da un total de 525 metros lineales más. Entonces sólo para conducir las aguas recolectadas al estanque se necesitan como mínimo 1325 metros lineales de tubería.

Figura N° 17: Red de alimentación a Vivienda.



Fuente: SOCOVESA, 2008.

4.3.1.- Resumen de Costos de Materiales.

Tabla N° 19: Resumen de materiales y costos para implementación del sistema de recolección e impulsión en la Villa.

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Acondicionamiento Bajadas A. Ll.	Un.	50	\$23.025	\$1.151.250
Maquinaria Mov. Tierra	Hr.	64	\$ 16.500*	\$ 1.056.000
Tubería Recol. y Cond. Agua lluvias	Mts.	1325	\$ 1.125	\$ 1.490.625
Estanque 1020 m ³	Un.	1	\$ 41.038.450	\$ 41.038.450
Bomba 2 HP	Un.	2	\$ 150.000	\$ 300.000
Hidropack VAREM	Un.	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Tubería Alimentación	Mts.	1325	\$ 1.125	\$ 1.490.625
Mano Obra Inst. Hidráulica	Un.	1	\$ 700.00	\$ 700.000
Conexión Red a WC ***	Un.	50	\$ 45.390	\$ 2.269.500
		TOTAL		\$49.696.450.-

Fuente: Elaboración propia.

*: Precios proporcionados por Bomaq vía telefónica, considerando un costo adicional de \$20.000.- por concepto de traslado.

** : Fuente: SAESA, 2008.

***: Considera los materiales usados en la confección de la red que alimenta a la vivienda desde el arranque hasta la alimentación del WC y el medidor de caudal en ésta. (codos, tee, tuberías, MAP., etc.)

4.3.2.- Costo de Operación.

Además de la inversión inicial en la que se debe incurrir, en este sistema hay que considerar el costo de operación y mantención del sistema, que consta de:

- El gasto en energía eléctrica consumida por el grupo de maquinaria de bombeo de agua.
- Mantención de las bombas.
- Mantención y limpieza del estanque de acumulación, etc.

Sumando el valor de los materiales y de la obra de mano se tiene el total de inversión inicial que se debe dividir en 50 para obtener la cantidad que debiera invertir cada familia.

Entonces si se tiene un total de \$ 50.631.165.- de inversión inicial total, se debe fraccionar en 50 viviendas, con lo que da un total de \$ 1.012.623.- de inversión inicial por cada vivienda de la villa. Junto a lo anterior es necesario considerar los costos de operación del sistema y de las instalaciones, desglosadas de de la siguiente manera.

Tabla N° 20: Costos de Operación del Sistema Colectivo.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Gasto Energía	Kwh	410,28	\$ 84,701	\$ 34.715
Personal Mantención	Un.	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Insumos Varios	Un.	1	\$ 43.539	\$ 43.539
		TOTAL MENSUAL		\$ 278.254
		TOTAL ANUAL		\$ 3.339.055

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2.- Tarificación.

Al igual que para el caso de vivienda individual es necesario un sistema de cobro adicional al ordinario, que funciona de la misma manera que el individual.

Para la asignación de cobros por vivienda se instala el medidor de agua potable antes del ingreso de la red de impulsión de aguas lluvias a la vivienda, para que en este quede registrado el total de agua recolectada que se ha consumido, de tal manera que si la empresa lo estime conveniente, se realice el cobro adicional de las aguas negras descargadas en la vivienda.

En referencia a las tarifas cobradas por Aguas Décimas S.A. por metro cúbico de agua potable utilizado y de metro cúbico de aguas negras tratadas son las ya descritas en el capítulo 3.2.2:

- Agua Potable	\$ 359,47.-
- Alcantarillado con Tratamiento	\$ 519,68.-

Por lo anterior, la tarifa no puede ser superior al ahorro en agua potable que implique el uso del sistema, el cual es de \$ 359,47 por m³.

Dado que el costo de operación anual es de \$ 3.339.055.- y la producción anual corresponde al suministro de 3650 m³, el costo de operación unitario es de \$ 915 / m³. La tarifa además debe considerar la amortización de las inversiones y otros costos, razón por la cual su valor debería ser incluso mayor que el señalado. Por lo tanto la tarifa excederá con creces el ahorro por menos consumo de agua potable, lo que hace inviable el proyecto a los precios actuales.

CONCLUSIONES

En este estudio se presentan dos sistemas para aprovechar las aguas lluvias de la ciudad de Valdivia, recolectadas a través de la cubierta de las casas para la descarga del W.C. de la vivienda.

La primera alternativa corresponde a una solución para una sola vivienda y la segunda a una solución colectiva que contempla 50 viviendas de similares características a la utilizada en el sistema individual.

Para poder determinar que tipo de artículos y materiales permitirían el correcto funcionamiento, se realizaron pruebas para elegir el tipo de válvula de entrada al estanque que se utilizaría en el sistema individual.

La solución del sistema individual implica una inversión de \$ 232.570.- la cuál se amortiza en 15 años considerando una tasa de interés del 5,0% anual, principalmente esta inversión se refiere al costo del estanque y de la infraestructura utilizada.

La solución del sistema colectivo implica una inversión de \$ 50.631.165.- en total, lo que da una inversión por familia de \$ 1.012.623.- En este sistema la gran envergadura de las obras civiles que hay que realizar aumentan el gasto inicial, como arriendo de maquinaria para excavaciones, materiales para implementación de la red y la fabricación del estanque y sala de máquinas en hormigón armado. La inversión por familia es aproximadamente 4 veces mayor que la obtenida en el sistema individual, junto a lo anterior el personal y la mantención que debe tener el caso colectivo genera que no sea viable económicamente, ya que el ahorro anual de dinero por concepto de menor consumo

de agua potable realizado por todas las familias es menor a los gastos operacionales anuales relacionados al funcionamiento de la red de aguas lluvias.

Cabe mencionar que los materiales utilizados en el sistema colectivo tiene una vida útil mayor a los componentes utilizados en la solución individual.

En suma, se ve viable la solución individual de aprovechamiento de aguas lluvias, avalando a la simplicidad de su mantención ya que esta queda en manos del habitante de la vivienda, la que además presentará mejores resultados económicos en la medida que el agua potable se un bien más escaso y por ende incremente su precio.

Sin embargo la solución colectiva, que conlleva mayores costos de inversión y además costos de operación no despreciables, requiere de alzas mucho mayores en el precio del agua potable para que pueda comenzar a ser rentable.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ASCE, 1994. American Society of Civil Engineers, Gravity Sanitary Sewer Design and Construction – Manuals and Reports on Engineering Practice NO. 60. Estados Unidos. Pág. 96 – 107.

CASTILLO, A. (coord. Y ed.), 1994. Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, España.

CINTAC. 2005. Catálogo Técnico de Productos y Sistema. Santiago, Chile. Pág. 11.

DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK, 1964, Manual de Tratamiento de Aguas Negras, Nueva York, Estados Unidos. Pág. 15 – 18.

DIRECCION METEOROLOGICA DE CHILE, 2008, Informe Climatológico de 2007 Estación Pichoy, Valdivia.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, (INN). 1999., Ingeniería Sanitaria – Alcantarillado de Aguas Residuales – Diseño y Cálculo de Redes. (NCh 1105 of 1999) Pág. 11, 12, 13, 16.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, (INN). 2000., Instalaciones Domiciliarias de agua potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores. (NCh 2485 of 2000) Pág. 6, 7, 8, 11.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (I.N.E.), 2006. Medio Ambiente Informe Anual. Santiago, Chile. Pág. 64-65.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DE CHILE (MOP), 2002, RIDAA, Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y de Alcantarillado, Santiago. Pág. 20 a 23.

SAESA, 2009. Publicación de tarifas de las empresas eléctricas que suscriben, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

SOCOVESA S.A. 2008, Especificaciones Técnicas vivienda tipo SO41S. Valdivia,
Pág. 4 a 7.

REFERENCIA ELECTRONICA

CORPORACION DE DESARROLLO TECNOLOGICO, 2009. REGISTRO TECNICO DE MATERIALES CDT. www.registrocdt.cl, disponible en:

<http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/adminTools/fichaDeProductoDetalle.aspx?idFichaPro=146>, consultado en 23-02-2009, vigente a la fecha de 24-12-2010.

EASY, 2009. Válvula de admisión lateral, eje largo 1/2 “, Grifesa. Estanque, válvulas de admisión y descarga, www.easy.com, disponible en :

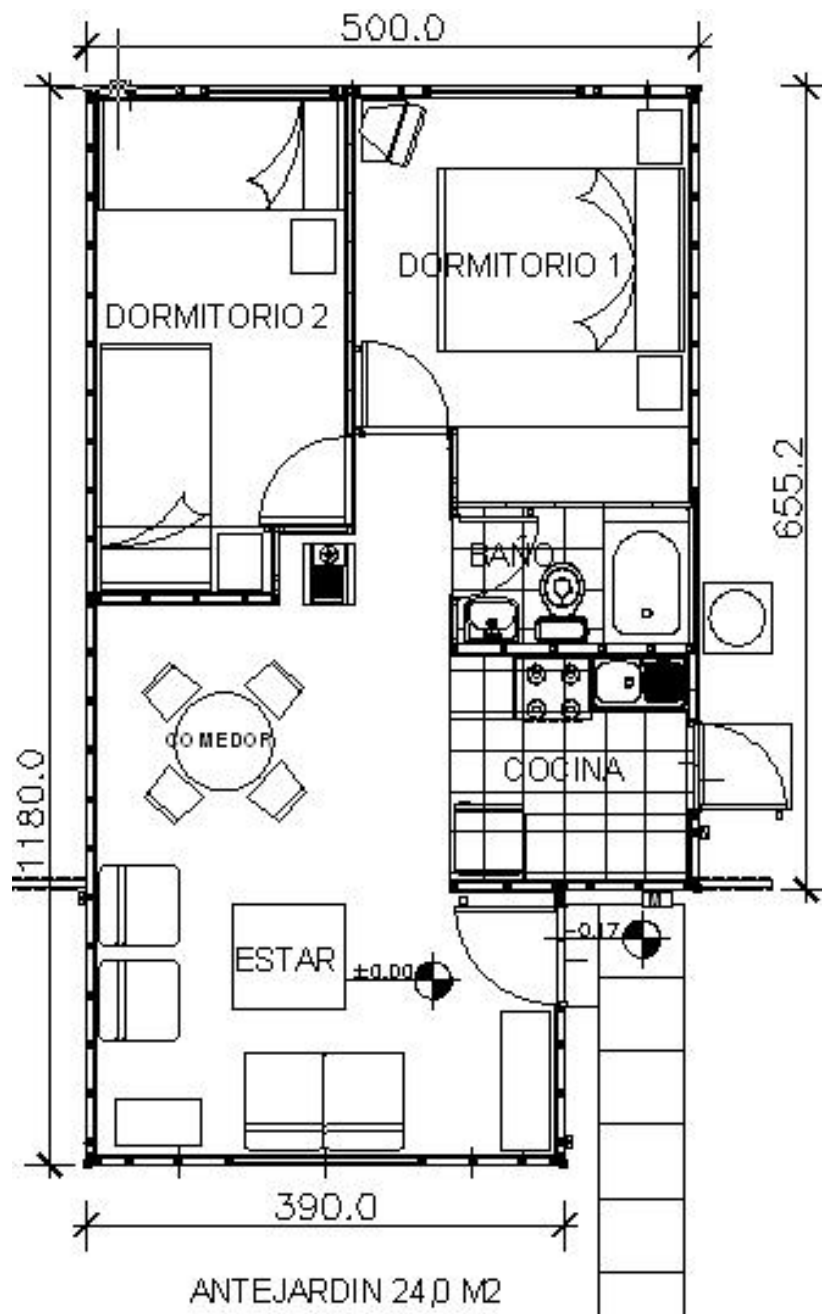
http://www.easy.cl/easy/ProductDisplay?mundo=1&id_prod=133334&id_cat=-1&tpCa=0&caN0=0&caN1=0&caN2=0&caN3=0 Consultada en 11-11-2008, vigente a la fecha de 24-12-2010.

SODIMAC, 2008. Estanque bicapas Aquatank 1000 litros, Infraplast. Depósitos y Estanques, www.sodimac.cl, disponible en:

http://www.sodimac.cl/webapp/commerce/command/ProductDisplay?Path_Familia=&Area_Familia=&Path_Grupo=&Area_Grupo=&Path_Conjunto=&Area_Conjunto=&cgnbr=&area=&areacgnbr=&depto=&prnbr=123141-3&prmenbr=542&ubic=&ubicdpto=&Area_Familia= Consultado en 10-08-2008, vigente a la fecha de 24-12-2010.

ANEXO A**Distribución de habitaciones de la Vivienda.**

(Fuente: SOCOVESA, 2008)



ANEXO B

**Estimación de la cantidad de agua lluvia a captar en la techumbre
de la Vivienda en [m³]**

(Fuente: Elaboración Propia, basado en Dirección Meteorológica de Chile, 2008)

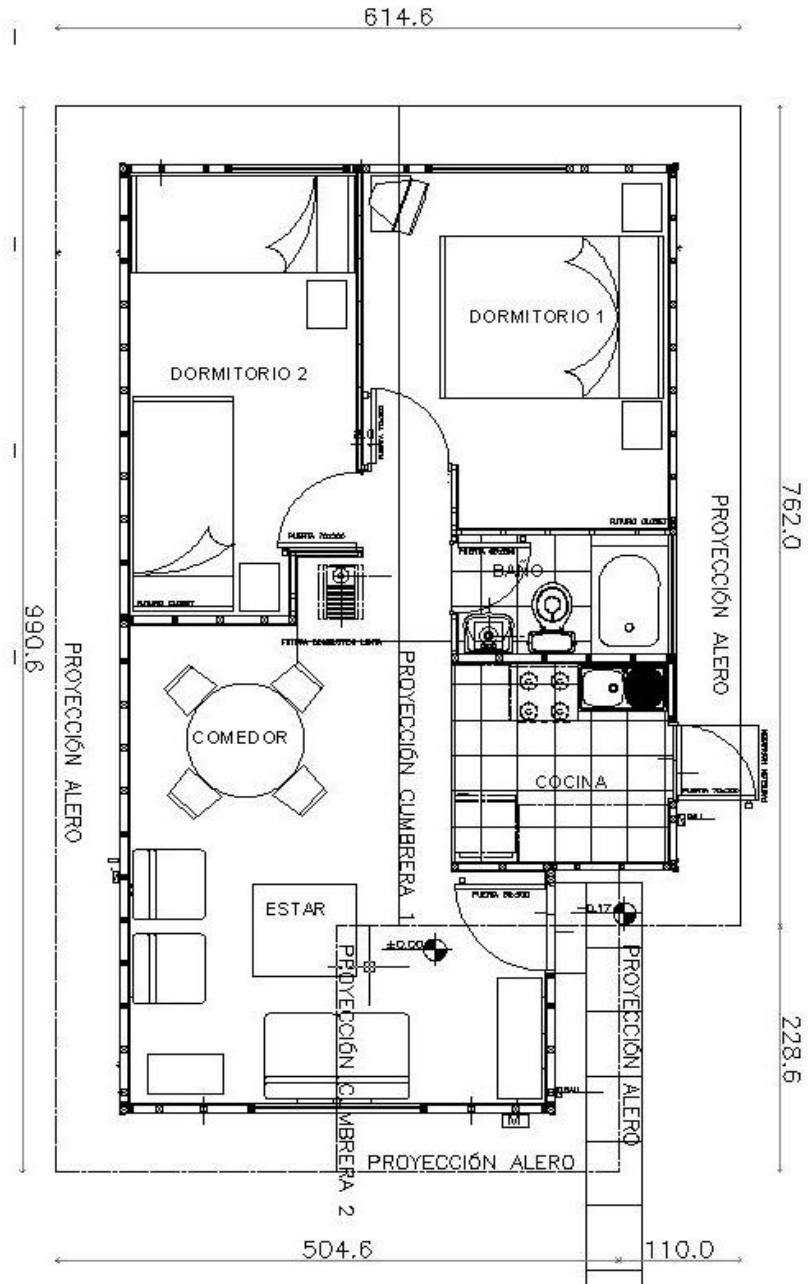
AÑO 2007												
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	-	-	-	-	0,67	0,04	0,27	-	-	-	0,03	-
2	-	-	-	-	0,77	-	0,60	-	1,14	0,10	-	0,07
3	-	-	-	-	0,21	-	0,19	-	1,72	0,01	-	0,02
4	-	-	0,00	-	0,02	-	2,67	0,28	0,13	0,13	-	-
5	-	-	0,00	-	-	0,44	0,29	-	0,02	0,30	-	0,19
6	-	-	0,00	-	-	0,17	0,08	2,63	0,11	-	-	0,10
7	-	-	1,33	-	-	0,92	-	0,66	0,78	-	-	0,23
8	-	-	0,22	0,34	-	0,60	-	-	0,88	-	0,20	-
9	-	-	0,01	0,57	0,01	0,49	-	-	0,32	0,00	0,02	0,36
10	-	-	0,20	1,31	0,12	0,88	-	-	-	-	-	0,00
11	-	0,15	0,03	0,05	-	1,60	0,20	-	-	-	0,00	0,00
12	-	0,01	-	0,35	0,02	0,02	1,78	3,92	-	0,24	0,10	-
13	-	0,20	-	1,42	0,42	0,16	0,39	0,92	0,09	0,23	-	0,20
14	-	1,83	-	0,03	-	0,08	0,53	0,12	-	-	-	-
15	-	0,36	-	0,29	0,18	0,38	0,35	-	0,11	2,01	0,03	-
16	-	-	-	2,71	0,03	0,75	0,69	-	0,19	0,54	0,57	-
17	-	-	0,01	0,55	-	-	0,53	-	-	-	-	-
18	-	-	0,00	0,66	-	0,05	1,51	-	0,02	0,44	-	-
19	-	-	-	-	0,51	0,77	0,93	-	0,57	0,36	-	-
20	-	-	0,70	-	0,06	2,76	0,90	0,73	0,14	0,09	-	-
21	-	0,07	-	-	-	1,55	0,83	0,02	0,23	-	0,03	-
22	1,23	-	-	-	-	0,38	1,85	0,70	-	-	-	-
23		-	-	0,52	-	0,06	0,23	-	-	-	-	-
24		-	0,03	-	0,00	-	0,26	0,02	-	0,93	-	-
25		-	-	-	-	0,01	0,03	0,33	-	0,42	-	-
26		-	-	-	-	-	0,00	0,70	-	0,06	-	-
27		-	-	-	-	0,00	-	0,04	-	0,23	-	-
28		-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,20	-	-
29			-	0,01	0,01	-	0,34	-	-	0,03	0,10	0,03
30	-		-	0,15	0,61	-	-	-	-	-	0,06	0,19
31	-		-		0,27	-	-	-	-	-		-

1,23	2,62	2,53	8,96	3,91	12,1	15,4	11	6,46	6,32	1,16	1,4
------	------	------	------	------	------	------	----	------	------	------	-----

Acumulado Anual	73,167
------------------------	---------------

ANEXO C**Superficie de proyección del Alero.**

(Fuente: SOCOVESA, 2008)



SUPERFICIE DE PROJ. ALERO		
AREA	DIMENSIONES	TOTAL PARCIAL
A	6.146 X 7.62	46.83 M2
B	5.046 X 2.286	11.53 M2
SUPERFICIE PROJ. TOTAL ALERO		58.36 M2

ANEXO D

Tabla con diámetros nominales, clase y espesor de pared de tuberías de PVC.

Tubería hidráulica color celeste largo útil 6.0 m

Diam.Exterior		Clase 4		Clase 6		Clase 10		Clase 16 (*)	
Nominal (mm)	Nominal (pulg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)
20	1/2	-	-	-	-	-	-	1,5	0,83
25	3/4	-	-	-	-	1,5	1,05	1,9	1,28
32	1	-	-	-	-	1,8	1,59	2,4	2,06
40	1 1/4	-	-	1,8	2,02	2,0	2,20	3,0	3,16
50	1 1/2	-	-	1,8	2,54	2,4	3,32	3,7	4,87
63	2	-	-	1,9	3,45	3,0	5,24	4,7	7,90
75	2 1/2	1,8	3,94	2,2	4,80	3,6	7,49	5,6	11,19
90	3	1,8	4,76	2,7	6,94	4,3	10,73	6,7	16,02
110	4	2,2	7,13	3,2	10,10	5,3	16,10	8,2	23,99
125	4/2	2,5	9,11	3,7	13,12	6,0	20,57	9,3	30,88
140	5	2,8	11,33	4,1	16,37	6,7	25,78	10,4	38,66
160	6	3,2	14,88	4,7	21,26	7,7	33,83	11,9	50,47
200	8	4,0	22,93	5,9	33,25	9,6	52,74	14,7	78,15
250	10	4,9	35,14	7,3	51,66	12,0	82,41	18,6	123,78
315	12	6,2	56,35	9,3	82,20	15,0	130,30	23,4	197,07
355	14	7,0	71,37	10,4	104,76	17,0	166,77	26,3	250,33
400	16	7,9	90,88	11,7	132,79	19,1	211,97	29,7	318,87

Fuente: CDT, 2009.

ANEXO E

Coeficientes referenciales de pérdida de carga singular "K" a utilizar en procedimiento según método cinético

Tipo de accesorio	Coefficiente, K
Ampliación gradual	0,30
Codo de 90°	0,90
Codo de 45°	0,40
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Curva de 22° 30'	0,10
Entrada normal en tubo	0,50
Entrada de borda	1,00
Válvula de ángulo, abierto	5,00
Válvula compuerta, abierto	0,20
Válvula tipo globo, abierto	10,00
T, paso directo	0,60
T, salida lateral	1,30
T, salida bilateral	1,80
Válvula de pie	1,75
Válvula de retención	2,50
Válvula de bola de paso total	0,20
Válvula de bola de paso estándar	0,20

Fuente: INN, 2000.

ANEXO F

Especificaciones Técnicas Materiales para confección de Solución Individual.

1. Sistema Recolección.

1.1 Canales de Aguas Lluvias:

Serán de plancha zinc-alum de 0,35 mm. de espesor y 32 cms. de desarrollo, irán dispuestas según indica el plano de arquitectura. Sus uniones irán soldadas y remachadas cubierta por malla arnero.

1.1.1 Malla Arnero:

Malla soldada galvanizada harnero N° 4 de 0.60 x 1.5 m, "Alambra" o similar.

1.2 Bajada de Aguas Lluvias:

Serán de plancha zinc-alum de 0,35 mm. de espesor y 32 cms. de desarrollo, irán dispuestas según indica el plano de arquitectura.

2. Sistema de Acumulación.

2.1 Estructura de Soporte Estanque.

Estructura será se Perfil tubular rectangular 30 x 20 x 2.0 mm., de acero estructural soldable en tiras de 6 metros.

2.2 Estanque de Acumulación:

Estanque de acumulación de polietileno de alta densidad de 1.200 lt. Marca Infraplast o similar.

3. Sistema de Conducción:

3.1 Fittings PVC presión:

3.1.1 Salida estanque 25 mm. x 3/4" cementar PVC sanitario presión, Vinilit o similar.

3.2 Tubo PVC-p c16 20x6000mm.

Tubería PVC de 20 mm, en tiras de 6,0 mt. clase 16, marca Vinilit o similar.

3.3 Válvula bola paso total. 3/4" metal zincada.

Válvula de bola de paso total de 3/4", metálica marca Stretto o similar.

3.4 Válvula retención s/filtro 3/4plg.

Válvula de retención sin filtro, 3/4" marca Bronzzo o similar.

3.5 Codo PVC-P 90° de 20 x 20 mm Cementar.

Codo PVC 90° de 20x20 mm. SO-SO, vinilit o similar.

3.6 Terminal PVC presión 20 mm. x 1/2 pulgada Cementar-HE.

Terminal PVC 20 mm.

3.7 Medidor de Caudal 1/2"

Medidor agua 1/2" con unión, unión R3/4".

4. Accesorios:

4.1. Adhesivo:

Adhesivos para soldar PVC, marca vinilit o similar.

4.2. Teflón.

Teflon 1/2pulg. x 10mt. Basic.

5. Mano de Obra.

5.1. Cotización a contratista Martín Cárcamo.

4.2.2.- Dimensionamiento del Estanque.

El estanque que se necesita para recoger toda el agua necesaria para satisfacer el consumo diario será el siguiente:

Para obtener una autonomía máxima de las viviendas, con respecto al uso del agua potable en el WC, se considerará un estanque que pueda almacenar la mayor cantidad de agua lluvia posible.

El tamaño necesario para la autonomía del sistema supone un estanque de gran envergadura, el cual será de hormigón armado, debido a la nula oferta de otro tipo de estanques o similares artefactos para la acumulación de agua de este tamaño. El método para identificar el tamaño óptimo del estanque se realizó considerando la cantidad de agua caída durante el año 2007 presentado en el Anexo E.

Estimando la acumulación de agua lluvia en todas las viviendas y luego restándole el consumo de agua para todos los WC de la villa, los cálculos son presentados en el Anexo F.

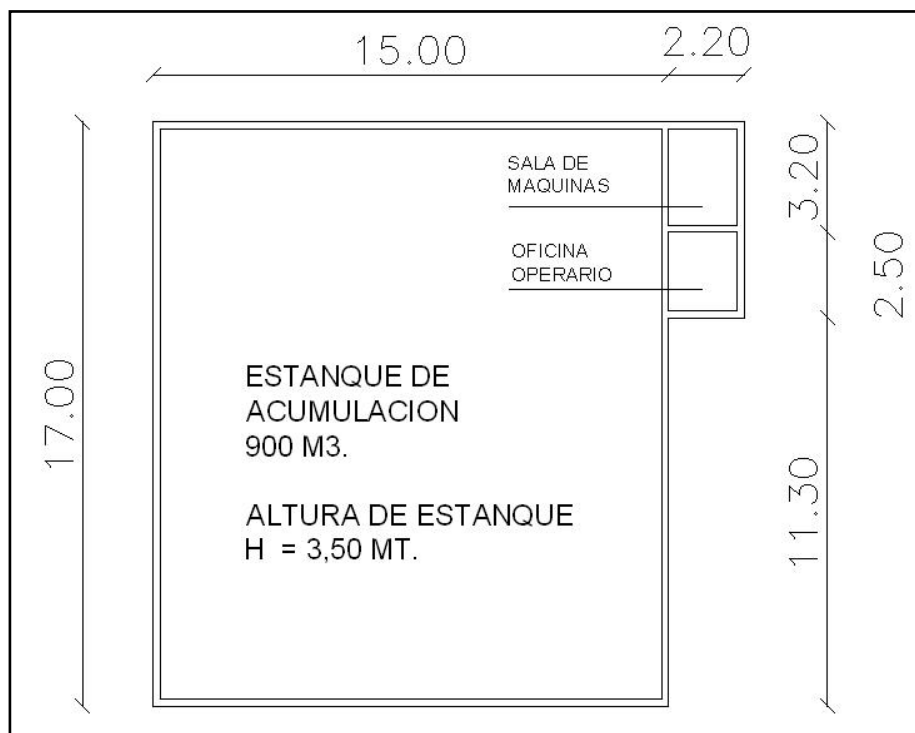
Inicialmente se tendrá un estanque de 3,50 metros de altura, 17,00 metros de largo y 15,00 metros de ancho con lo que se tendría una capacidad total del estanque de aproximadamente 900 metros cúbicos de almacenamiento.

El área de los muros sumado al área inferior y superior da un total de 734 m², considerando que al contener agua los muros deben ser resistentes, el estanque debe ser de hormigón armado de un espesor uniforme, para tener un grado de tolerancia con respecto a los esfuerzos máximos, de 20 centímetros. Por ende con una superficie de 734 m² con un

espesor constante de 20 cm. se obtiene un volumen de $146,80 \text{ m}^3$, que es resumen es la cantidad de hormigón necesaria para la construcción del estanque.

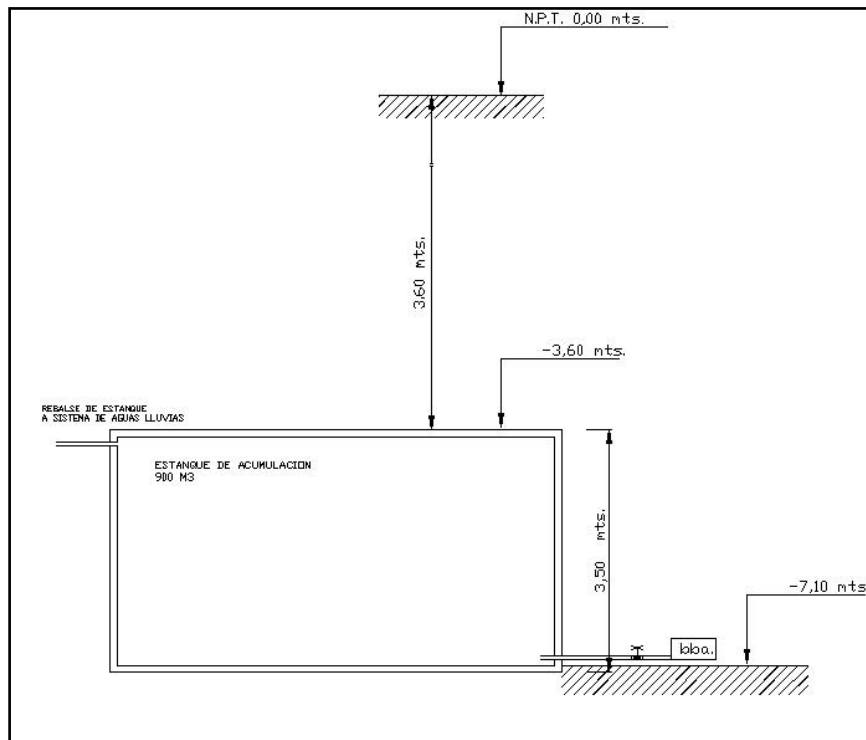
El estanque deberá tener un rebalse que evite el colapso del estanque y que estará conectado con la red de aguas lluvias existente de la villa.

Figura N° 13: Esquema de estanque de acumulación y sala de máquinas.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 14: Esquema de estanque.



Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.- Sistema de Alimentación de aguas a las viviendas.

4.2.3.1.- Red de Agua

El suministro de agua de lluvia a las viviendas de la villa debe ser mediante un sistema de bombas. Se ha considerado como requisito de presión, la presión mínima fijada en la norma chilena para la red pública para máximo consumo horario es de 15 m.c.a excluyendo el arranque.

Con lo anterior, el agua ingresará al estanque del WC con caudal suficiente, cualquiera sea el tipo de válvula de admisión que se utilice.

La red de tuberías será de PVC hidráulico Clase 10, con diámetros mínimos establecidos para red pública de distribución de agua potable, es decir de 100 mm.

El cálculo de caudales se determinará considerando como tal el valor mayor de entre los caudales calculados según los siguientes procedimientos:

- a) Asumir una distribución similar a la de la red de agua potable. Es decir, distribuir el consumo de agua del WC de cada vivienda en 24 horas, multiplicándolo por un factor de consumo máximo diario (2). En seguida, considerar un consumo máximo instantáneo, aplicando al consumo máximo diario un factor (2).

Consumo de una Viv. 8 lts. Por 4 personas y 5 veces al día es igual a un consumo de 160 litros por vivienda al día por 50 viviendas de la villa 8.000 litros por día, entonces se tiene 5,556 lts/min.

- b) Asumir la distribución de gasto máximo probable que proporciona el RIDAA para instalaciones domiciliarias (aplicable en forma condicionada a establecimientos comerciales como podrían ser hoteles u otros).

En donde el Q.I. (lts/min) 10 (lts/min) para un WC (RIDAA, 2002)

$$Q.M.P. = 1.7391 * QI^{0.6891}$$

$$Q.M.P. = 1.7391 * 500^{0.6891}$$

$$Q.M.P. = 125,95 \text{ (lts/min)}.$$

Evidentemente este enfoque es más exigente que la opción anterior, por lo cual se asumió esta distribución para los cálculos siguientes.

Para calcular las pérdidas regulares producto del roce con la tubería, se usará la fórmula de Hazen y Williams (NCh 2483, 2000), cuya representación es:

$$J = 10,665 \cdot \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,869}}$$

Donde:

J: Pérdida de carga en tanto por uno (m.c.a./m) (adimensional).

Q: Caudal en [m³/seg].

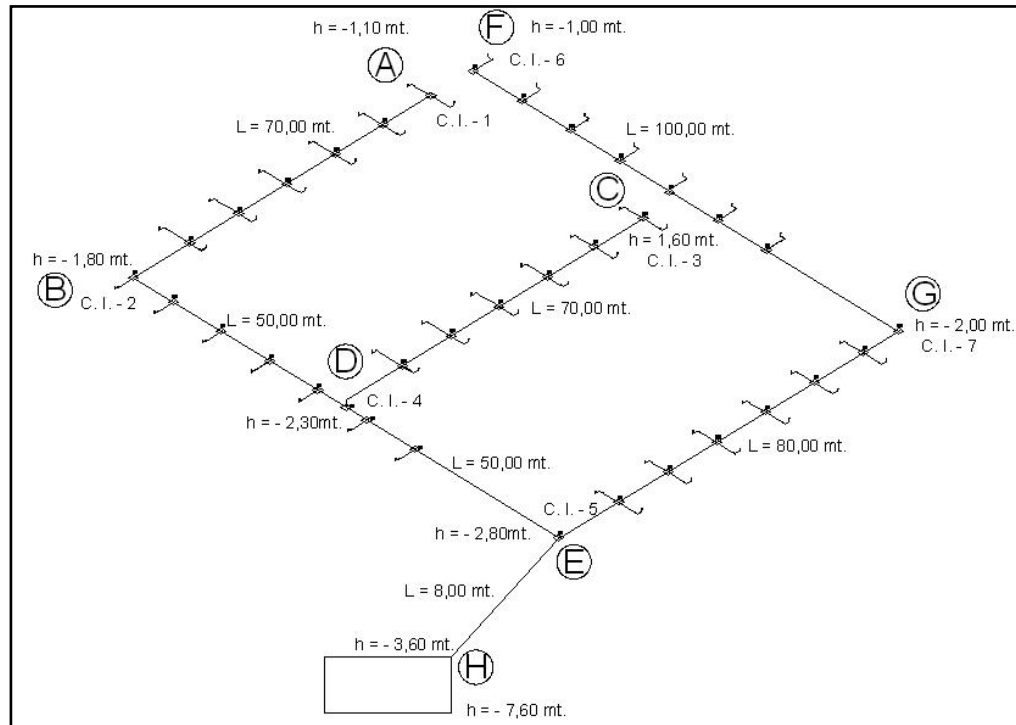
D: Diámetro interior de la tubería en metros.

C: Coeficiente de Rugosidad (C=150).

El factor C = 150 para el empleo de la fórmula de Hazen – Williams en tuberías de PVC, ha sido establecido conservadoramente luego de una serie de investigaciones en el laboratorio de hidráulica Alden del instituto Politécnico de Worcester.

Para la alimentación de las viviendas se utilizará tuberías de PVC hidráulico de variados diámetros según el caudal instalado, con lo que el cálculo de las pérdidas da de la siguiente manera:

Figura N° 15: Tramos considerados para el cálculos de pérdida de carga en tuberías.



Fuente: Elaboración Propia.

En donde el circuito 1 va desde H a A, el circuito 2 va desde H a C y el circuito 3 va desde H a F.

Tabla N° 15: Pérdida de carga regular en Red H - A.

Tramo	CAUDAL		D [mm]	L [m]	Pérdida de Carga			Vel. [m/s]
	Inst. QI	Más. P. QMP			J Unit.	J*L Tramo	J Acum	
H - E	500	126	81,4	8	0,028	0,226	0,226	0,403
D - E	310	91	81,4	34,6	0,012	0,404	0,630	0,290
D - E'	300	89	67,8	16,3	0,027	0,436	1,066	0,409
D - E'	290	87	67,8	4,9	0,025	0,123	1,189	0,399
D - B	170	60	57	6,8	0,022	0,148	1,337	0,391
D - B	160	57	57	11,40	0,019	0,221	1,558	0,375
D - B	150	55	57	11,6	0,017	0,200	1,758	0,359
D - B	140	52	57	11,4	0,015	0,173	1,931	0,342
D - B	130	50	57	9,5	0,013	0,126	2,057	0,325
B - A	120	47	57	13,4	0,011	0,153	2,209	0,308
B - A	100	42	45,2	11,6	0,025	0,292	2,501	0,432
B - A	80	36	45,2	11,4	0,017	0,190	2,691	0,370
B - A	60	29	36	11,7	0,030	0,346	3,037	0,478
B - A	40	22	36	11,4	0,014	0,159	3,197	0,362
B - A	20	14	28,4	11,4	0,012	0,140	3,337	0,361

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 16: Pérdida de carga regular en Red H - C.

Tramo	CAUDAL		D [mm]	L [m]	Pérdida de Carga			Vel. [m/s]
	Inst. QI	Más. P. QMP			J Unit.	J*L Tramo	J Acum	
H - E	500	126	81,4	8	0,028	0,226	0,226	0,403
E - G	190	65	81,4	14,4	0,005	0,068	0,294	0,207
E - G	170	60	67,8	11,8	0,009	0,110	0,404	0,276
E - G	150	55	57	11,6	0,017	0,200	0,604	0,359
E - G	130	50	57	11,80	0,013	0,156	0,760	0,325
E - G	110	44	45,2	11,6	0,030	0,348	1,109	0,461
E - G	90	39	45,2	11,6	0,021	0,240	1,349	0,401
G - F	70	32	45,2	40,0	0,013	0,520	1,869	0,337
G - F	60	29	45,2	11,6	0,010	0,113	1,982	0,303
G - F	50	26	36	11,8	0,021	0,249	2,231	0,422
G - F	40	22	36	11,6	0,014	0,162	2,393	0,362
G - F	30	18	28,4	11,8	0,026	0,307	2,700	0,477
G - F	20	14	28,4	11,6	0,012	0,142	2,843	0,361
G - F	10	9	22	11,6	0,012	0,137	2,980	0,373

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 17: Pérdida de carga regular en Red H - F.

Tramo	CAUDAL		D [mm]	L [m]	Pérdida de Carga			Vel. [m/s]
	Inst. QI	Más. P. QMP			J Unit.	J*L Tramo	J Acum	
H - E	500	126	81,4	8	0,028	0,226	0,226	0,403
E - D	310	91	81,4	34,6	0,012	0,404	0,630	0,290
E - D	300	89	67,8	16,3	0,027	0,436	1,066	0,409
E - D	290	87	67,8	4,9	0,025	0,123	1,189	0,399
D - C	120	47	57	14,2	0,011	0,162	1,351	0,308
D - C	100	42	57	11,60	0,008	0,094	1,445	0,271
D - C	80	35,6241	45,2	11,5	0,017	0,191	1,636	0,370
D - C	60	29,2179	45,2	11,6	0,010	0,113	1,750	0,303
D - C	40	22,0955	36	11,4	0,014	0,159	1,909	0,362
D - C	20	13,7045	28,4	11,4	0,012	0,140	2,049	0,361

Fuente: Elaboración Propia.

Siendo:

D: diámetro interior tubería.

L: Largo del tramo.

J: Pérdida unitaria, por metro lineal.

Vel: Velocidad del agua en el tramo.

P disp.: Presión disponible en el punto en cuestión.

Los diámetros interiores correspondientes a los diámetros comerciales se obtuvieron del Anexo F.

A las pérdidas por roce en tubería, se le debe sumar la pérdida por las singularidades desde el estanque a la última vivienda. En este tramo se tienen:

El tramo más desfavorable según los datos presentados, es el comprendido entre el estanque y el punto F. En este tramo por concepto de pérdidas de carga en la tubería se tiene una pérdida regular de 3,34 m.c.a.

En el punto F existe una entrada a la tubería ($K = 0,50$), en el punto E existe una TEE de salida lateral ($K = 1,30$), en el circuito N° 2 existen 6 (seis) TEE de paso directo ($K = 0,6$) a continuación un codo de 90° ($K = 0,90$), luego existen 6 (seis) TEE de paso directo ($K = 0,6$) y en el punto B existe un codo de 90° ($K = 0,90$).

Entonces según NCh 2485 se tiene:

$$J_s = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

En donde:

J_s : Pérdida singular [m.c.a.].

V: Velocidad de escurrimiento [m/s].

g: Aceleración de gravedad $9,81$ [m/s^2].

K: Coeficiente de proporcionalidad que depende de las características específicas de cada pieza especial (Véase Anexo F).

$V^2 / 2g$ = altura de velocidad.

Tabla N° 18: Cálculo de pérdidas por singularidades.

Tramo	D INT. [mm]	K	Pérdida de Carga		Vel. [m/s]
			J Unit. m.c.a.	J acum. m.c.a.	
H - E	99,4	0,50	0,002	0,002	0,271
E - E1	99,4	1,30	0,005	0,007	0,271
E1 - E2	81,4	0,60	0,003	0,009	0,290
E2 - E3	81,4	0,60	0,002	0,012	0,284
E3 - E4	81,4	0,60	0,002	0,014	0,277
E4 - E5	67,8	0,60	0,002	0,016	0,276
E5 - E6	67,8	0,60	0,002	0,019	0,265
E6 - E7	67,8	0,60	0,002	0,021	0,254
E7 - E8	67,8	0,90	0,003	0,023	0,242
E8 - E9	67,8	0,60	0,002	0,025	0,230
E9 - E10	67,8	0,60	0,001	0,026	0,217
E10 - E11	57	0,60	0,002	0,029	0,271
E11 - E12	57	0,60	0,002	0,030	0,233
E12 - E13	45,2	0,60	0,003	0,033	0,303
E13 - E14	45,2	0,60	0,002	0,035	0,230
E14 - F	28,4	0,90	0,006	0,041	0,360

Fuente: Elaboración Propia.

Las pérdidas del tramo más desfavorable son:

$$J_T = J_R + J_S$$

$$J_T = 3,337 + 0,041 \text{ [m.c.a.]}$$

$$\mathbf{J_T = 3,378 \text{ [m.c.a.]}}$$

Donde:

J_T : Suma de pérdidas totales.

J_R : Pérdida regular producto del roce en la tubería.

J_S : Pérdida producto de las singularidades.

La suma de las pérdidas antes mencionadas más la diferencia de cota desde el nivel mínimo del pozo hasta la cota del arranque del tramo más desfavorable (7,100 m.c.a.)

4.2.3.2 Selección del equipo Hidroneumático.

El equipo debe ser capaz de proporcionar la energía suficiente para:

- Absorber las pérdidas de carga (3,378 m.c.a.)
- Elevar el agua desde el nivel mínimo del pozo hasta la cota del arranque del tramo más desfavorable (7,100 m.c.a.)
- Entregar en el arranque de este último tramo, la presión de 15 m.c.a.
- Agregar la sobrepresión diferencial del equipo hidroneumático (diferencia entre presión de partida y de parada) equivalente a 10 m.c.a.

Por lo tanto, la bomba debe tener una altura de elevación de al menos 34,878 m.c.a.

Entonces, se debe seleccionar una bomba de caudal máximo probable 126 lts/min, con altura de elevación de al menos 36 m.c.a.

Después de tener las pérdidas en la red de distribución se seleccionará el equipo hidroneumático necesario.

La empresa VOGT S.A. seleccionó un equipo basado en Bomba VOGT modelo N614 MMS 209de 5,5 HP, 2.900 r.p.m. y 50 Hz que tiene un consumo de 70 W. El equipo contará con 2 bombas de este tipo, una estará en servicio y la otra en stand-by.

Las características de operación son las siguientes:

Presión	Caudal
36 atm	máx. 157,42 lt/min
42 atm	mín. 122,00 lt/min
Pres. Media	med. 139,71 lt/min

El volumen del estanque de presurización corresponde a Vogt (2010), según el caudal medio (Q_m), el tiempo mínimo de detención antes de la siguiente partida, y las presiones máximas y mínimas.

$$VR = \frac{Q_m \times T}{4}$$

$$VR = \frac{139,71 \times 2,0}{4}$$

$$VR = 69,86 \text{ [Lts]}$$

Siendo $T = 2$ min., (para motor entre 5,0 y 7,5 HP)

Con lo anterior, el volumen del Hidropack se obtiene de la siguiente manera.

$$VH = \frac{VR \times (P_b + 10)}{(P_b - P_a)}$$

$$VH = \frac{67 \times (46 + 10)}{(46 - 36)}$$

$$VH = 391,19 \text{ [Lts]}$$

Por lo tanto se instalará un estanque hidroneumático de 400 litros marca VAREM con manómetro y presostato.

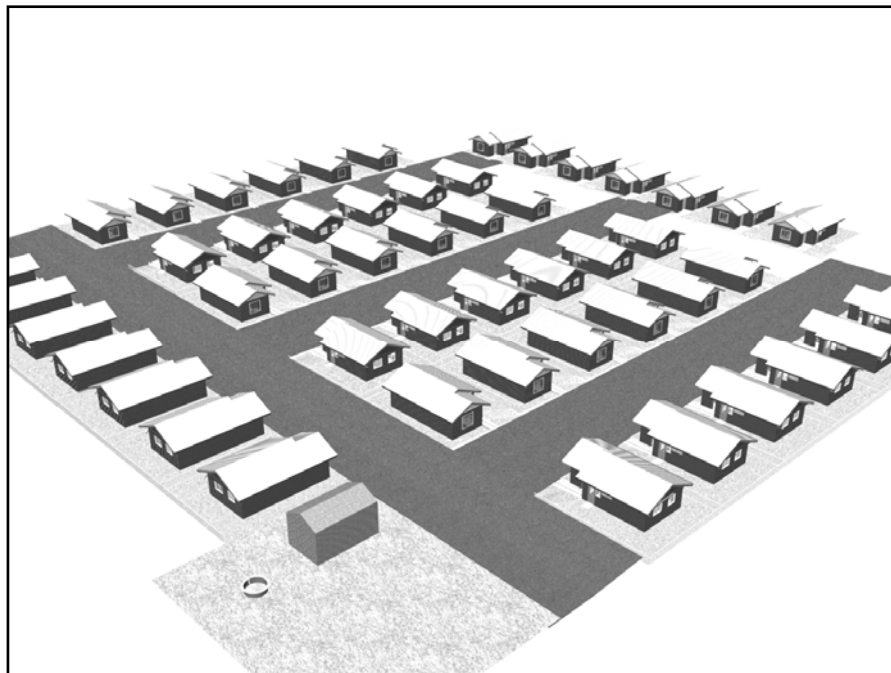
La llega del agua al WC es similar a la propuesta en el sistema de una vivienda, con una llave de paso que alimenta al WC de agua potable y otra de agua reciclada, debiendo hacer el cambio de suministro manualmente y con precaución de que no se produzca una mezcla de las aguas.

4.3.- Evaluación económica del Sistema de recolección Colectivo.

Luego de tener los diámetros de las tuberías a usar en la conducción de las aguas lluvias desde las viviendas hacia el estanque de acumulación, corresponde proseguir con la ejecución de las obras para la instalación propiamente tal de la red. Para ello es necesario utilizar una maquinaria para realizar las excavaciones en las cuales irá la red adicional que conducirá el agua recolectada hacia el estanque.

Según emplazamiento de la villa, se necesitará 800 metros de excavaciones. La maquinaria trabaja a un ritmo de 120 metros por día, considerando obstáculos normales en la construcción. (Datos obtenidos en terreno).

Figura N° 16: Emplazamiento de la Villa con 50 viviendas.



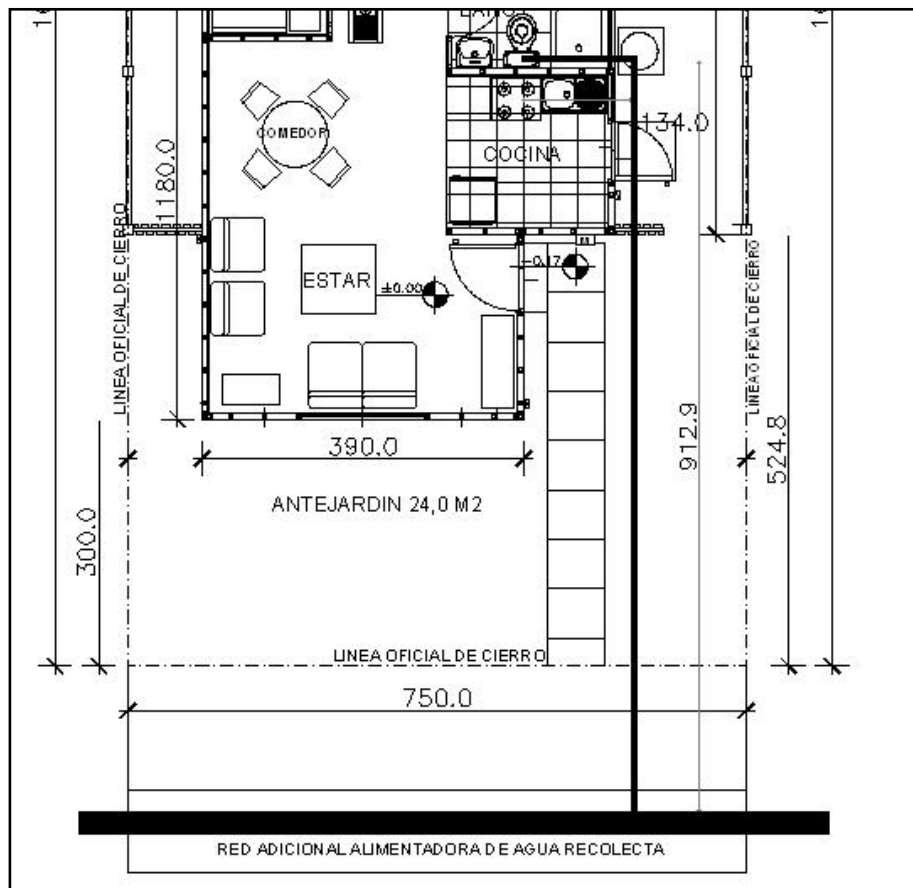
Fuente: Elaboración Propia.

Con los datos existentes, se calcula que para realizar el trabajo completo de excavaciones se necesita 8 días de trabajo, es decir, 64 horas de trabajo de la maquinaria.

Luego se debe considerar la canalización que llevará el agua recolectada hacia el estanque. La cantidad de tubería en metros lineales está directamente relacionada con las excavaciones, que son de un total de 800 metros, pero a estos se le debe sumar el material utilizado desde el empalme a la red adicional hasta el W.C. de cada casa.

Para una casa se usará como mínimo 10.5 metros lineales de tubería 110 mm. (Véase Fig. 9), lo que da un total de 525 metros lineales más. Entonces sólo para conducir las aguas recolectadas al estanque se necesitan como mínimo 1325 metros lineales de tubería.

Figura N° 17: Red de alimentación a Vivienda.



Fuente: SOCOVESA, 2008.

4.3.1.- Resumen de Costos de Materiales.

Tabla N° 19: Resumen de materiales y costos para implementación del sistema de recolección e impulsión en la Villa.

MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Acondicionamiento Bajadas A. Ll.	Un.	50	\$23.025	\$1.151.250
Maquinaria Mov. Tierra	Hr.	64	\$ 16.500*	\$ 1.056.000
Tubería Recol. y Cond. Agua lluvias	Mts.	1325	\$ 1.125	\$ 1.490.625
Estanque 1020 m ³	Un.	1	\$ 41.038.450	\$ 41.038.450
Bomba 2 HP	Un.	2	\$ 150.000	\$ 300.000
Hidropack VAREM	Un.	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Tubería Alimentación	Mts.	1325	\$ 1.125	\$ 1.490.625
Mano Obra Inst. Hidráulica	Un.	1	\$ 700.00	\$ 700.000
Conexión Red a WC ***	Un.	50	\$ 45.390	\$ 2.269.500
		TOTAL		\$49.696.450.-

Fuente: Elaboración propia.

*: Precios proporcionados por Bomaq vía telefónica, considerando un costo adicional de \$20.000.- por concepto de traslado.

** : Fuente: SAESA, 2008.

***: Considera los materiales usados en la confección de la red que alimenta a la vivienda desde el arranque hasta la alimentación del WC y el medidor de caudal en ésta. (codos, tee, tuberías, MAP., etc.)

4.3.2.- Costo de Operación.

Además de la inversión inicial en la que se debe incurrir, en este sistema hay que considerar el costo de operación y mantención del sistema, que consta de:

- El gasto en energía eléctrica consumida por el grupo de maquinaria de bombeo de agua.
- Mantención de las bombas.
- Mantención y limpieza del estanque de acumulación, etc.

Sumando el valor de los materiales y de la obra de mano se tiene el total de inversión inicial que se debe dividir en 50 para obtener la cantidad que debiera invertir cada familia.

Entonces si se tiene un total de \$ 50.631.165.- de inversión inicial total, se debe fraccionar en 50 viviendas, con lo que da un total de \$ 1.012.623.- de inversión inicial por cada vivienda de la villa. Junto a lo anterior es necesario considerar los costos de operación del sistema y de las instalaciones, desglosadas de de la siguiente manera.

Tabla N° 20: Costos de Operación del Sistema Colectivo.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
Gasto Energía	Kwh	410,28	\$ 84,701	\$ 34.715
Personal Mantención	Un.	1	\$ 200.000	\$ 200.000
Insumos Varios	Un.	1	\$ 43.539	\$ 43.539
		TOTAL MENSUAL		\$ 278.254
		TOTAL ANUAL		\$ 3.339.055

Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2.- Tarificación.

Al igual que para el caso de vivienda individual es necesario un sistema de cobro adicional al ordinario, que funciona de la misma manera que el individual.

Para la asignación de cobros por vivienda se instala el medidor de agua potable antes del ingreso de la red de impulsión de aguas lluvias a la vivienda, para que en este quede registrado el total de agua recolectada que se ha consumido, de tal manera que si la empresa lo estime conveniente, se realice el cobro adicional de las aguas negras descargadas en la vivienda.

En referencia a las tarifas cobradas por Aguas Décimas S.A. por metro cúbico de agua potable utilizado y de metro cúbico de aguas negras tratadas son las ya descritas en el capítulo 3.2.2:

- Agua Potable	\$ 359,47.-
- Alcantarillado con Tratamiento	\$ 519,68.-

Por lo anterior, la tarifa no puede ser superior al ahorro en agua potable que implique el uso del sistema, el cual es de \$ 359,47 por m³.

Dado que el costo de operación anual es de \$ 3.339.055.- y la producción anual corresponde al suministro de 3650 m³, el costo de operación unitario es de \$ 915 / m³. La tarifa además debe considerar la amortización de las inversiones y otros costos, razón por la cual su valor debería ser incluso mayor que el señalado. Por lo tanto la tarifa excederá con creces el ahorro por menos consumo de agua potable, lo que hace inviable el proyecto a los precios actuales.

CONCLUSIONES

En este estudio se presentan dos sistemas para aprovechar las aguas lluvias de la ciudad de Valdivia, recolectadas a través de la cubierta de las casas para la descarga del W.C. de la vivienda.

La primera alternativa corresponde a una solución para una sola vivienda y la segunda a una solución colectiva que contempla 50 viviendas de similares características a la utilizada en el sistema individual.

Para poder determinar que tipo de artículos y materiales permitirían el correcto funcionamiento, se realizaron pruebas para elegir el tipo de válvula de entrada al estanque que se utilizaría en el sistema individual.

La solución del sistema individual implica una inversión de \$ 232.570.- la cuál se amortiza en 15 años considerando una tasa de interés del 5,0% anual, principalmente esta inversión se refiere al costo del estanque y de la infraestructura utilizada.

La solución del sistema colectivo implica una inversión de \$ 50.631.165.- en total, lo que da una inversión por familia de \$ 1.012.623.- En este sistema la gran envergadura de las obras civiles que hay que realizar aumentan el gasto inicial, como arriendo de maquinaria para excavaciones, materiales para implementación de la red y la fabricación del estanque y sala de máquinas en hormigón armado. La inversión por familia es aproximadamente 4 veces mayor que la obtenida en el sistema individual, junto a lo anterior el personal y la mantención que debe tener el caso colectivo genera que no sea viable económicamente, ya que el ahorro anual de dinero por concepto de menor consumo

de agua potable realizado por todas las familias es menor a los gastos operacionales anuales relacionados al funcionamiento de la red de aguas lluvias.

Cabe mencionar que los materiales utilizados en el sistema colectivo tiene una vida útil mayor a los componentes utilizados en la solución individual.

En suma, se ve viable la solución individual de aprovechamiento de aguas lluvias, avalando a la simplicidad de su mantención ya que esta queda en manos del habitante de la vivienda, la que además presentará mejores resultados económicos en la medida que el agua potable se un bien más escaso y por ende incremente su precio.

Sin embargo la solución colectiva, que conlleva mayores costos de inversión y además costos de operación no despreciables, requiere de alzas mucho mayores en el precio del agua potable para que pueda comenzar a ser rentable.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

ASCE, 1994. American Society of Civil Engineers, Gravity Sanitary Sewer Design and Construction – Manuals and Reports on Engineering Practice NO. 60. Estados Unidos. Pág. 96 – 107.

CASTILLO, A. (coord. Y ed.), 1994. Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía, España.

CINTAC. 2005. Catálogo Técnico de Productos y Sistema. Santiago, Chile. Pág. 11.

DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK, 1964, Manual de Tratamiento de Aguas Negras, Nueva York, Estados Unidos. Pág. 15 – 18.

DIRECCION METEOROLOGICA DE CHILE, 2008, Informe Climatológico de 2007 Estación Pichoy, Valdivia.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, (INN). 1999., Ingeniería Sanitaria – Alcantarillado de Aguas Residuales – Diseño y Cálculo de Redes. (NCh 1105 of 1999) Pág. 11, 12, 13, 16.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, (INN). 2000., Instalaciones Domiciliarias de agua potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores. (NCh 2485 of 2000) Pág. 6, 7, 8, 11.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (I.N.E.), 2006. Medio Ambiente Informe Anual. Santiago, Chile. Pág. 64-65.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DE CHILE (MOP), 2002, RIDAA, Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y de Alcantarillado, Santiago. Pág. 20 a 23.

SAESA, 2009. Publicación de tarifas de las empresas eléctricas que suscriben, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción

SOCOVESA S.A. 2008, Especificaciones Técnicas vivienda tipo SO41S. Valdivia,
Pág. 4 a 7.

REFERENCIA ELECTRONICA

CORPORACION DE DESARROLLO TECNOLOGICO, 2009. REGISTRO TECNICO DE MATERIALES CDT. www.registrocdt.cl, disponible en:

<http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/adminTools/fichaDeProductoDetalle.aspx?idFichaPro=146>, consultado en 23-02-2009, vigente a la fecha de 24-12-2010.

EASY, 2009. Válvula de admisión lateral, eje largo 1/2 “, Grifesa. Estanque, válvulas de admisión y descarga, www.easy.com, disponible en :

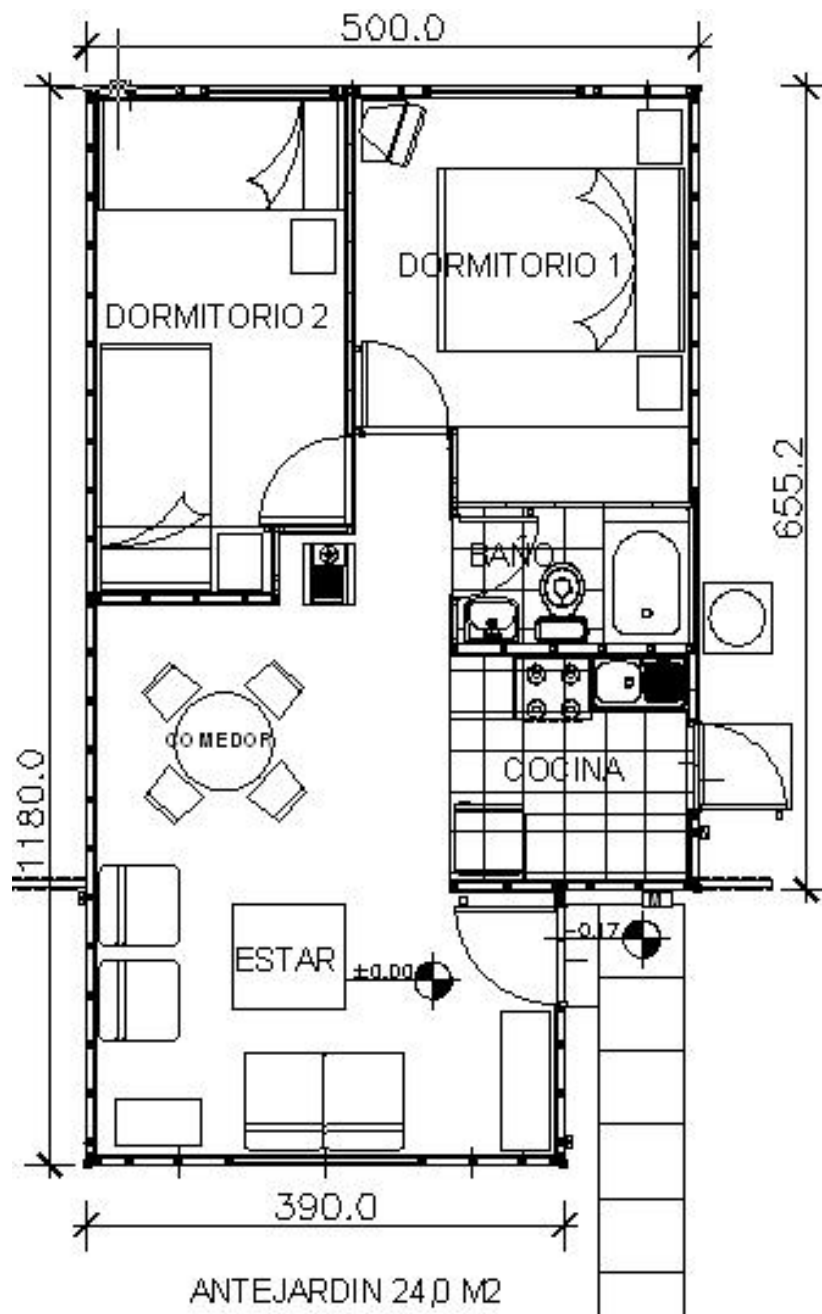
http://www.easy.cl/easy/ProductDisplay?mundo=1&id_prod=133334&id_cat=-1&tpCa=0&caN0=0&caN1=0&caN2=0&caN3=0 Consultada en 11-11-2008, vigente a la fecha de 24-12-2010.

SODIMAC, 2008. Estanque bicapas Aquatank 1000 litros, Infraplast. Depósitos y Estanques, www.sodimac.cl, disponible en:

http://www.sodimac.cl/webapp/commerce/command/ProductDisplay?Path_Familia=&Area_Familia=&Path_Grupo=&Area_Grupo=&Path_Conjunto=&Area_Conjunto=&cgnbr=&area=&areacgnbr=&depto=&prnbr=123141-3&prmenbr=542&ubic=&ubicdpto=&Area_Familia= Consultado en 10-08-2008, vigente a la fecha de 24-12-2010.

ANEXO A**Distribución de habitaciones de la Vivienda.**

(Fuente: SOCOVESA, 2008)



ANEXO B

**Estimación de la cantidad de agua lluvia a captar en la techumbre
de la Vivienda en [m³]**

(Fuente: Elaboración Propia, basado en Dirección Meteorológica de Chile, 2008)

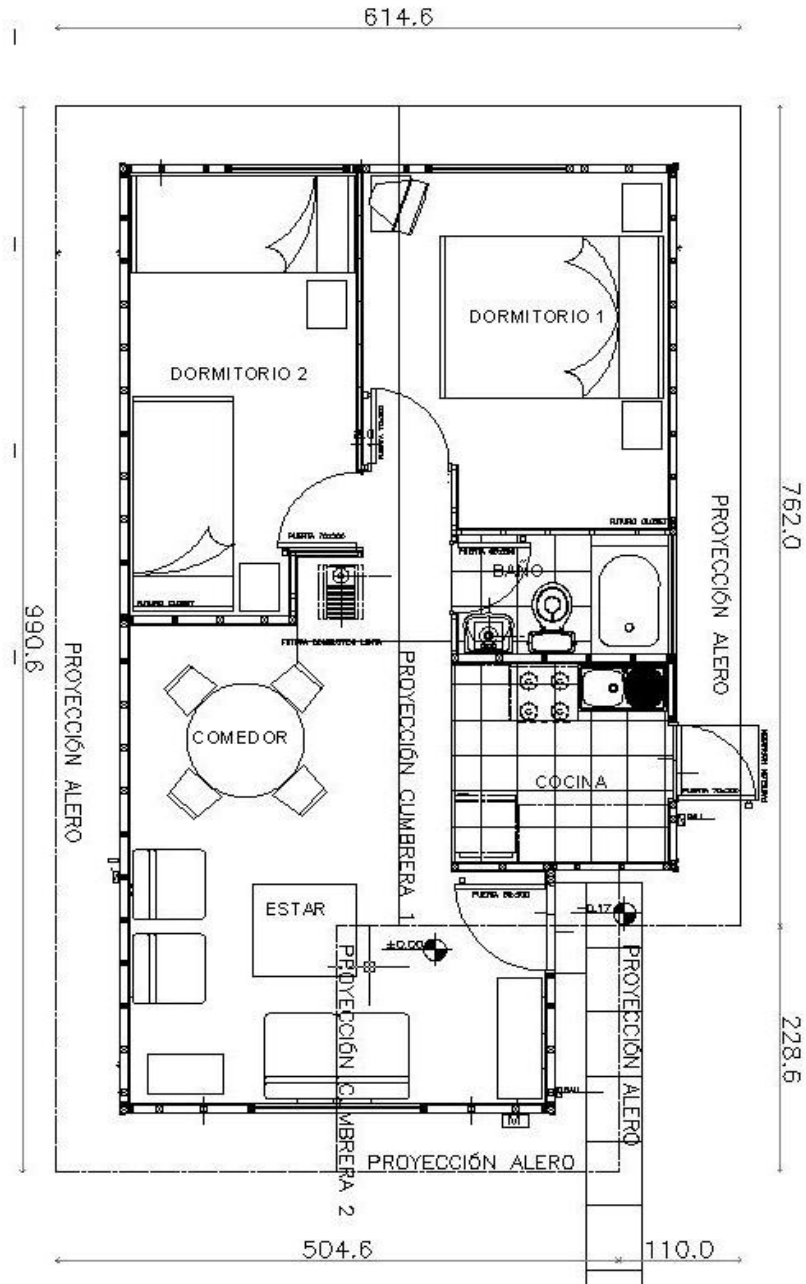
AÑO 2007												
DIA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	-	-	-	-	0,67	0,04	0,27	-	-	-	0,03	-
2	-	-	-	-	0,77	-	0,60	-	1,14	0,10	-	0,07
3	-	-	-	-	0,21	-	0,19	-	1,72	0,01	-	0,02
4	-	-	0,00	-	0,02	-	2,67	0,28	0,13	0,13	-	-
5	-	-	0,00	-	-	0,44	0,29	-	0,02	0,30	-	0,19
6	-	-	0,00	-	-	0,17	0,08	2,63	0,11	-	-	0,10
7	-	-	1,33	-	-	0,92	-	0,66	0,78	-	-	0,23
8	-	-	0,22	0,34	-	0,60	-	-	0,88	-	0,20	-
9	-	-	0,01	0,57	0,01	0,49	-	-	0,32	0,00	0,02	0,36
10	-	-	0,20	1,31	0,12	0,88	-	-	-	-	-	0,00
11	-	0,15	0,03	0,05	-	1,60	0,20	-	-	-	0,00	0,00
12	-	0,01	-	0,35	0,02	0,02	1,78	3,92	-	0,24	0,10	-
13	-	0,20	-	1,42	0,42	0,16	0,39	0,92	0,09	0,23	-	0,20
14	-	1,83	-	0,03	-	0,08	0,53	0,12	-	-	-	-
15	-	0,36	-	0,29	0,18	0,38	0,35	-	0,11	2,01	0,03	-
16	-	-	-	2,71	0,03	0,75	0,69	-	0,19	0,54	0,57	-
17	-	-	0,01	0,55	-	-	0,53	-	-	-	-	-
18	-	-	0,00	0,66	-	0,05	1,51	-	0,02	0,44	-	-
19	-	-	-	-	0,51	0,77	0,93	-	0,57	0,36	-	-
20	-	-	0,70	-	0,06	2,76	0,90	0,73	0,14	0,09	-	-
21	-	0,07	-	-	-	1,55	0,83	0,02	0,23	-	0,03	-
22	1,23	-	-	-	-	0,38	1,85	0,70	-	-	-	-
23		-	-	0,52	-	0,06	0,23	-	-	-	-	-
24		-	0,03	-	0,00	-	0,26	0,02	-	0,93	-	-
25		-	-	-	-	0,01	0,03	0,33	-	0,42	-	-
26		-	-	-	-	-	0,00	0,70	-	0,06	-	-
27		-	-	-	-	0,00	-	0,04	-	0,23	-	-
28		-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,20	-	-
29			-	0,01	0,01	-	0,34	-	-	0,03	0,10	0,03
30	-		-	0,15	0,61	-	-	-	-	-	0,06	0,19
31	-		-		0,27	-	-	-	-	-		-

1,23	2,62	2,53	8,96	3,91	12,1	15,4	11	6,46	6,32	1,16	1,4
------	------	------	------	------	------	------	----	------	------	------	-----

Acumulado Anual	73,167
------------------------	---------------

ANEXO C**Superficie de proyección del Alero.**

(Fuente: SOCOVESA, 2008)



SUPERFICIE DE PROJ. ALERO		
AREA	DIMENSIONES	TOTAL PARCIAL
A	6.146 X 7.62	46.83 M2
B	5.046 X 2.286	11.53 M2
SUPERFICIE PROJ. TOTAL ALERO		58.36 M2

ANEXO D

Tabla con diámetros nominales, clase y espesor de pared de tuberías de PVC.

Tubería hidráulica color celeste largo útil 6.0 m

Diam.Exterior		Clase 4		Clase 6		Clase 10		Clase 16 (*)	
Nominal (mm)	Nominal (pulg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)	Espesor (min)	Peso tira (kg)
20	1/2	-	-	-	-	-	-	1,5	0,83
25	3/4	-	-	-	-	1,5	1,05	1,9	1,28
32	1	-	-	-	-	1,8	1,59	2,4	2,06
40	1 1/4	-	-	1,8	2,02	2,0	2,20	3,0	3,16
50	1 1/2	-	-	1,8	2,54	2,4	3,32	3,7	4,87
63	2	-	-	1,9	3,45	3,0	5,24	4,7	7,90
75	2 1/2	1,8	3,94	2,2	4,80	3,6	7,49	5,6	11,19
90	3	1,8	4,76	2,7	6,94	4,3	10,73	6,7	16,02
110	4	2,2	7,13	3,2	10,10	5,3	16,10	8,2	23,99
125	4/2	2,5	9,11	3,7	13,12	6,0	20,57	9,3	30,88
140	5	2,8	11,33	4,1	16,37	6,7	25,78	10,4	38,66
160	6	3,2	14,88	4,7	21,26	7,7	33,83	11,9	50,47
200	8	4,0	22,93	5,9	33,25	9,6	52,74	14,7	78,15
250	10	4,9	35,14	7,3	51,66	12,0	82,41	18,6	123,78
315	12	6,2	56,35	9,3	82,20	15,0	130,30	23,4	197,07
355	14	7,0	71,37	10,4	104,76	17,0	166,77	26,3	250,33
400	16	7,9	90,88	11,7	132,79	19,1	211,97	29,7	318,87

Fuente: CDT, 2009.

ANEXO E

Coeficientes referenciales de pérdida de carga singular "K" a utilizar en procedimiento según método cinético

Tipo de accesorio	Coefficiente, K
Ampliación gradual	0,30
Codo de 90°	0,90
Codo de 45°	0,40
Curva de 90°	0,40
Curva de 45°	0,20
Curva de 22° 30'	0,10
Entrada normal en tubo	0,50
Entrada de borda	1,00
Válvula de ángulo, abierto	5,00
Válvula compuerta, abierto	0,20
Válvula tipo globo, abierto	10,00
T, paso directo	0,60
T, salida lateral	1,30
T, salida bilateral	1,80
Válvula de pie	1,75
Válvula de retención	2,50
Válvula de bola de paso total	0,20
Válvula de bola de paso estándar	0,20

Fuente: INN, 2000.

ANEXO F

Especificaciones Técnicas Materiales para confección de Solución Individual.

1. Sistema Recolección.

1.1 Canales de Aguas Lluvias:

Serán de plancha zinc-alum de 0,35 mm. de espesor y 32 cms. de desarrollo, irán dispuestas según indica el plano de arquitectura. Sus uniones irán soldadas y remachadas cubierta por malla arnero.

1.1.1 Malla Arnero:

Malla soldada galvanizada harnero N° 4 de 0.60 x 1.5 m, "Alambra" o similar.

1.2 Bajada de Aguas Lluvias:

Serán de plancha zinc-alum de 0,35 mm. de espesor y 32 cms. de desarrollo, irán dispuestas según indica el plano de arquitectura.

2. Sistema de Acumulación.

2.1 Estructura de Soporte Estanque.

Estructura será se Perfil tubular rectangular 30 x 20 x 2.0 mm., de acero estructural soldable en tiras de 6 metros.

2.2 Estanque de Acumulación:

Estanque de acumulación de polietileno de alta densidad de 1.200 lt. Marca Infraplast o similar.

3. Sistema de Conducción:

3.1 Fittings PVC presión:

3.1.1 Salida estanque 25 mm. x 3/4" cementar PVC sanitario presión, Vinilit o similar.

3.2 Tubo PVC-p c16 20x6000mm.

Tubería PVC de 20 mm, en tiras de 6,0 mt. clase 16, marca Vinilit o similar.

3.3 Válvula bola paso total. 3/4" metal zincada.

Válvula de bola de paso total de 3/4", metálica marca Stretto o similar.

3.4 Válvula retención s/filtro 3/4plg.

Válvula de retención sin filtro, 3/4" marca Bronzso o similar.

3.5 Codo PVC-P 90° de 20 x 20 mm Cementar.

Codo PVC 90° de 20x20 mm. SO-SO, vinilit o similar.

3.6 Terminal PVC presión 20 mm. x 1/2 pulgada Cementar-HE.

Terminal PVC 20 mm.

3.7 Medidor de Caudal 1/2"

Medidor agua 1/2" con unión, unión R3/4".

4. Accesorios:

4.1. Adhesivo:

Adhesivos para soldar PVC, marca vinilit o similar.

4.2. Teflón.

Teflon 1/2pulg. x 10mt. Basic.

5. Mano de Obra.

5.1. Cotización a contratista Martín Cárcamo.