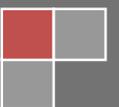


2017

“Evaluación Hidrológica - Impactos sobre los recursos hídricos y propuesta de medidas ambientales para compensar impactos sobre recursos hídrico por el Proyecto Condominio Puerta del Alma”



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. HIDROLOGÍA DEL ENTORNO DEL PROYECTO.....	4
2.1 SUBCUENCA DE QUEBRADA LA LECHUZA.....	4
2.2 CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS	5
2.3 BALANCE HÍDRICO	6
2.4 SUELO: TIPO Y USO	7
2.5 ESTIMACIÓN DE INFILTRACIÓN (RECARGA ACUÍFERA).....	7
3. EVALUACIÓN DE IMPACTO SOBRE EL RECURSO HÍDRICO	10
3.1 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	10
3.2 IMPACTO PROYECTO	10
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	12
4.1 CONCLUSIONES	12
4.2 RECOMENDACIONES DE COMPENSACIÓN.....	13

1. Introducción

La presente evaluación corresponde a una evaluación general hidrológica de la zona del proyecto **Condominio Puerta del Alma** en lo sucesivo denominado en este informe como Proyecto. Este informe incluye la identificación de los impactos sobre el recurso hídrico subterráneo por la impermeabilización de áreas en el proyecto antes mencionado. Incluye también recomendaciones de compensación por el impacto por impermeabilización del suelo.

Para evaluar las condiciones hidrogeológicas de la zona del proyecto, se ha considerado un área de 40 Km² enmarcados dentro de las siguientes coordenadas Lambert; N283000 a N288000 y E469000 a E477000 como se muestra en la Figura 1.1

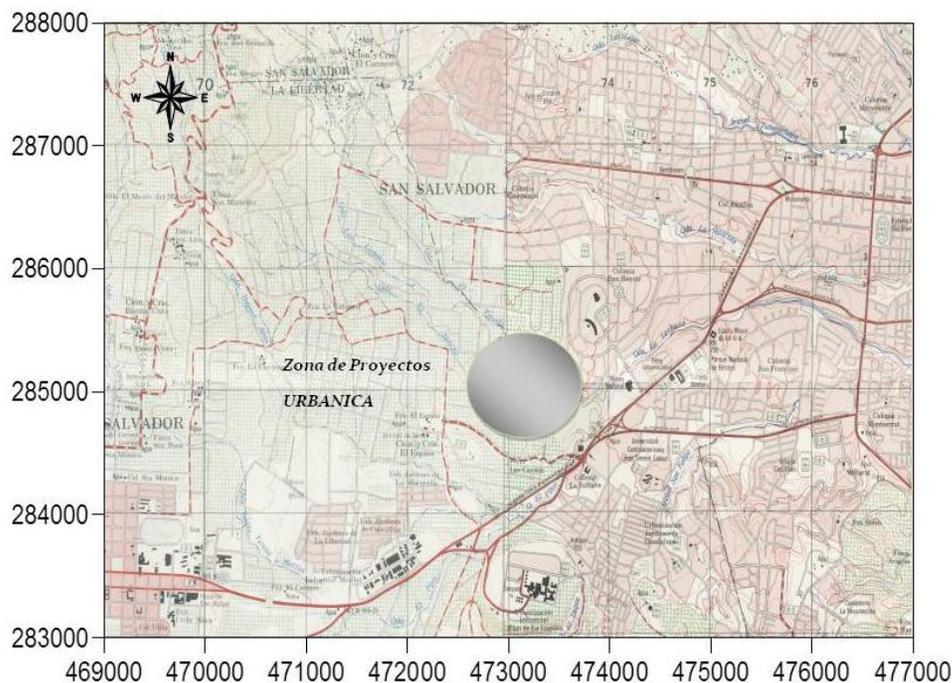


Figura 1.1 Área de Estudio (40 Km²).

Fuente: CNR-IGN

En el capítulo 2, se describe el recurso hídrico del entorno del Proyecto. En el capítulo 3 se presenta una valoración del impacto por reducción de la infiltración por la impermeabilización parcial del proyecto, en el capítulo 4 se presentan con conclusiones y recomendaciones.

2. Hidrología del entorno del proyecto

2.1 Subcuenca de Quebrada La Lechuza

La zona bajo estudio se ubica en parte baja de la subcuenca de la Quebrada La Lechuza, como se muestra en la Figura 2.1.

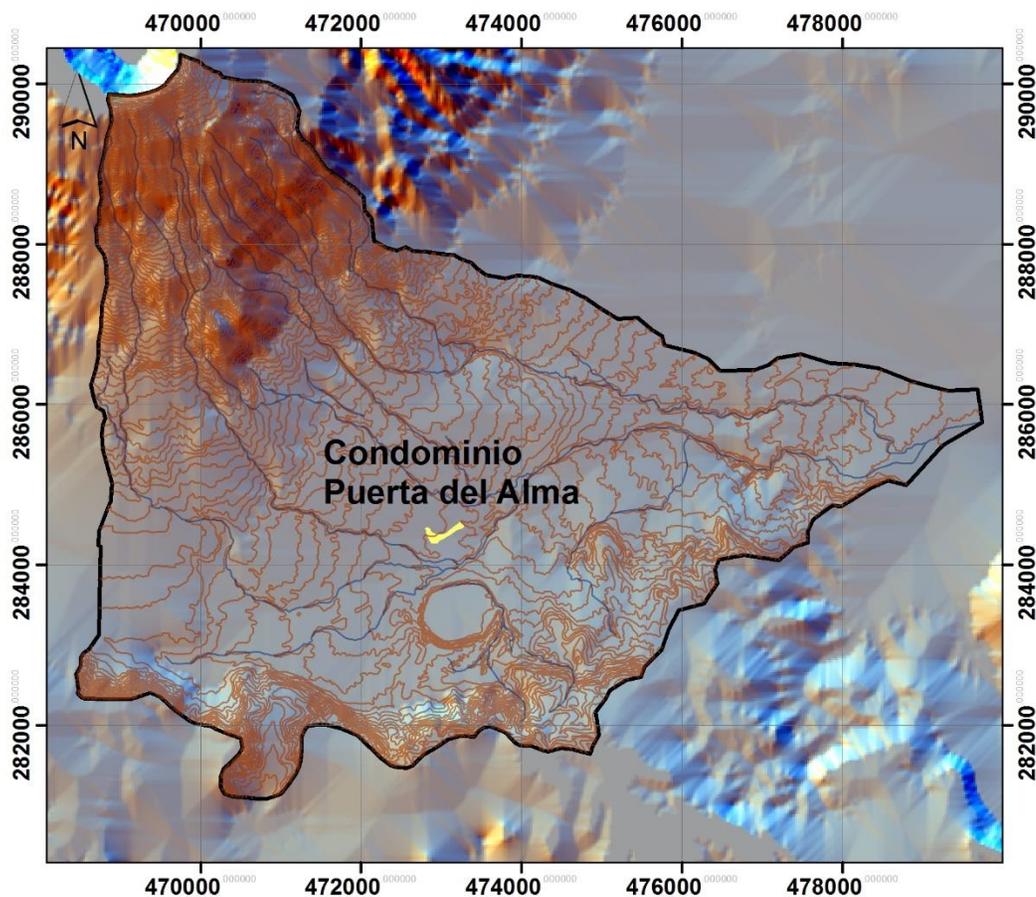


Figura 2.1 Subcuenca de la Quebrada La Lechuza

Fuente: CNR-IGN ATLAS DIGITAL 2000

Los terrenos del Proyecto drenan hacia la Quebrada La Lechuza, esta recoge la escorrentía superficial, descargando finalmente en el Río Acelhuate.

2.2 Condiciones climatológicas

Precipitación

Para la descripción de la precipitación se han considerado los registros de la meteorológica de Santa Tecla con un valor promedio anual de 1,864 mm. De acuerdo con registros, las máximas precipitaciones se registran en los meses de mayo a octubre y las menores precipitaciones ocurren entre los meses de noviembre a abril.

Tabla 2.1 Precipitación promedio mensual en mm Estación Santa Tecla

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Santa Tecla	6	1	12	35	173	318	352	342	361	199	56	9	1,864

Fuente: MARN Periodo de observación 1971-2010

Evapotranspiración Potencial

La evapotranspiración potencial para el área del proyecto presenta valores de 1,550 mm por año de acuerdo al MARN para la estación Santa Tecla, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.2 Evapotranspiración Potencial mensual en mm

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Santa Tecla	118	120	146	144	140	129	143	140	123	121	114	112	1550

Fuente: MARN Periodo de observación 1971-2010

Temperatura

La temperatura promedio del área bajo estudio se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 2.3 Temperatura promedio en °C

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Santa Tecla	19.5	20	20.9	21.7	21.7	21.4	21.6	21.6	20.9	20.9	20.3	19.6

Fuente: MARN

Velocidad y dirección del viento

En la siguiente tabla se resume la velocidad y dirección del viento en la zona bajo estudio.

Tabla 2.4 Velocidad y dirección del viento

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
Viento Velocidad	2.1	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.7	1.6	1.5	1.8	2.2	2.1
Rumbo Dominante	NE	N	N	N	N	N	N	N	S	N	NE	NE

Fuente: MARN Periodo de observación 1971-2010

Evapotranspiración Real

La evapotranspiración real se ha estimado en 973 mm al año, es decir que aproximadamente el 54% de la precipitación es consumida por la vegetación. Para estimar la evapotranspiración real, el proceso de cálculo se inició en el mes de abril, justo antes del inicio de la época de lluvias, por lo que el suelo está totalmente seco. La reserva de agua útil (RAU), que representa la cantidad de agua que un suelo contiene en un determinado momento, varía entre cero cuando éste está seco, hasta la capacidad de retención. Entonces, la evapotranspiración real para un determinado mes equivale a la de cultivo en nuestro caso a la Evapotranspiración Potencial, en caso que la precipitación sea mayor a ésta última, y es igual a la precipitación más la reserva de agua del mes anterior en caso contrario, como es el caso en el mes de noviembre mostrado en la siguiente tabla.

Tabla 2.5 Estimación de Evapotranspiración Real (mm)

Parámetro	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ANUAL
Precipitación	35	173	318	352	342	361	199	56	9	6	1	12	1864
Evapotranspiración Potencial	144	140	129	143	140	123	121	114	112	118	120	146	1550
Reserva de agua útil		33	100	100	100	100	100	42					
Evapotranspiración Real	35	140	129	143	140	123	121	114	9	6	1	12	973

2.3 Balance Hídrico

Tomando en consideración los valores de la tabla anterior y valor de infiltración es de 350 mm al año reportado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales¹, se puede calcular la escorrentía superficial para la subcuenca y el entorno de la casa con la siguiente expresión:

$$ES = P - ETR - I$$

Donde

ES es igual a la escorrentía superficial anual expresada en mm

P es la precipitación anual expresada en mm

ETR corresponde a evapotranspiración real expresada en mm

I es la infiltración anual expresada en mm

$$ES = 1864 - 973 - 350$$

El balance hidrológico para la zona queda detallado en la tabla siguiente:

Tabla 2.6 Balance Hídrico (mm)

¹ MAPA RAS MARN 2005

Parámetro	mm por año	%
Precipitación	1864	100
Evapotranspiración Real	973	52.2
Escorrentía Superficial	541	29.0
Infiltración	350	18.8

La tabla anterior nos indica que 29% de la precipitación anual se convierte en escorrentía superficial, 18.8% se infiltra y el 52.2% corresponde a la evapotranspiración. ***El índice de infiltración estimado para la zona es de 350 mm/año por m²***

2.4 Suelo: tipo y uso

De acuerdo con la clasificación genética, los suelos de la zona del proyecto son del tipo Andisoles. Son suelos originados compuesta por capas de cenizas volcánicas, tobas de lapilli intercaladas con capas de lavas andesíticas fracturadas y fisuradas existentes en el área. Actualmente el suelo no tiene ningún uso se encuentra cubierto de maleza y arboles dispersos, el suelo de la colindancia se encuentra urbanizado, como se muestra en las siguientes imágenes.



Figura 2.2 Entorno del proyecto

Fuente: Imagen Google Earth 19.07.2017



Vegetación en el sitio del proyecto

2.5 Estimación de Infiltración (Recarga Acuífera)

La infiltración que teóricamente recarga los acuíferos de la zona ha sido estimada utilizando el Método RAS impulsado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el cual se basa en valorizar variables del medio físico; uso de suelo, pendiente, textura de suelo, precipitación y evapotranspiración real, generando con ello un valor de infiltración anual. El índice de infiltración promedio para la mayor parte del área del proyecto es de 350 mm/año como se muestra en la Figura 2.3

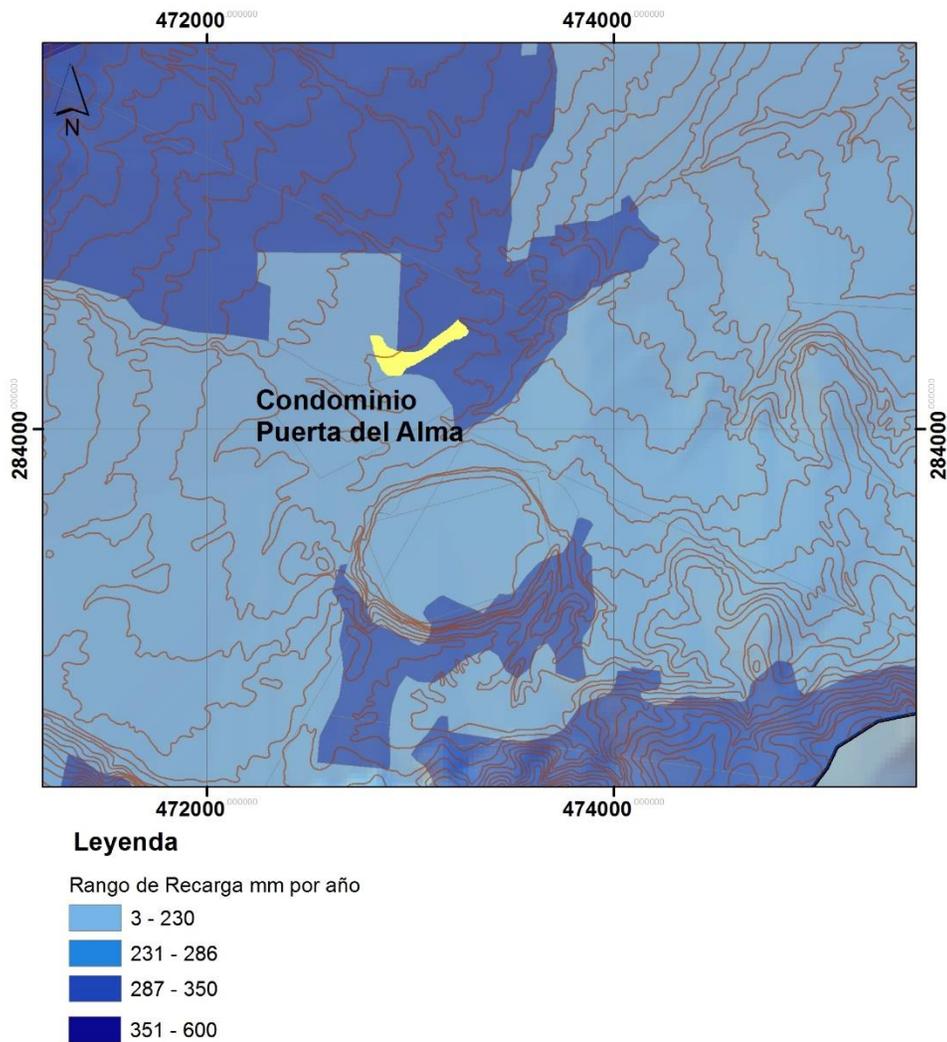


Figura 2.2 Recarga acuífera en la zona del proyecto

Fuente: MARN 2005

3. Evaluación de impacto sobre el recurso hídrico

Debido a que el proyecto, no contempla la explotación de los recursos hídricos subterráneos para el abastecimiento de agua potable o para cualquier otro uso, este documento no analiza el impacto por explotación de mantos acuíferos, se analiza únicamente el efecto por la impermeabilización del suelo.

3.1 Metodología de evaluación

Tomando en consideración la ubicación del proyecto, se procede a realizar la evaluación por medio de un balance, siguiendo la metodología que se detalla a continuación:

1. *Determinar la disminución de la infiltración originada por la impermeabilización de ciertas zonas del proyecto. Se toma como condición inicial el índice de infiltración reportado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.*
2. *Determinación del impacto sobre la infiltración mediante la siguiente ecuación:*

$$\text{Impacto} = \text{Infiltración sin Proyecto} - \text{Infiltración con Proyecto}$$

3.2 Impacto Proyecto

- **Determinar la disminución de la infiltración por la impermeabilización de área del proyecto**

El proyecto se desarrollará en un área de 20,266.19 m² de los cuales 16,120.89 m² serán impermeabilizados por el proyecto tal como se detalla en la tabla 3.1 y el resto 4,145.30 m² se mantendrán permeables.

Tabla 3.1 Descripción de áreas permeables e impermeables del Proyecto

DESCRIPCION	TOTAL m ²	% DEL TOTAL DEL TERRENO	% TOTAL
Áreas Verdes Recreativas:	<u>2,028.57</u>	<u>10.01%</u>	20%
Áreas verdes recreativas internas > a 500 m ²	1,640.60	8.10%	
Áreas verdes recreativas internas < a 500 m ²	245.35	1.21%	
Áreas verde recreativa (Alameda El Espino) < a 500 m2	142.62	0.70%	
Zona de Retiro 4.0m (Calle El Pedregal)	732.83	3.62%	
Zona de Retiro 3.0m (Alameda El Espino)	326.59	1.61%	
Arriates	1,057.31	5.22%	
Área Permeable	4,145.30	20.45%	
Áreas Impermeables:			
Área Útil: edificios de apartamentos (huella de construcción tres edificios)	3,368.87	16.62%	80%
Casa Club	150.00	0.74%	
Piscina	265.00	1.31%	
Glorieta	11.00	0.05%	
Caseta de acceso principal	23.42	0.12%	
Pet Station	9.00	0.04%	
Basurero técnico	36.00	0.18%	
Area Verde sobre losa de estacionamientos	1,407.48	6.94%	
Area Jardines Privados sobre losa de estacionamientos	638.29	3.15%	
Estacionamientos	1,850.14	9.13%	
Ciclovía área de Retiro Calle El Pedregal (1.80m)	391.67	1.93%	
Circulaciones y otros	7,970.02	39.33%	
Área Impermeable	16,120.89	79.55%	
Área total	20,266.19	100%	

- **Condición “Sin Proyecto”**

La infiltración actual en la condición *Sin Proyecto* corresponde a la cantidad de agua que se infiltra en un área de 20,266.19 m² considerando un índice de infiltración de 350 mm/año. Se estima que anualmente se infiltra en los terrenos del proyecto 7,093.17 m³ por año.

$$20,266.19 \text{ m}^2 \times 0.350 \text{ m} = 7,093.17 \text{ m}^3 \text{ por año.}$$

- **Condición “Con Proyecto”**

La infiltración para la condición *Con Proyecto*, corresponde a la cantidad de agua que se infiltra en el área que aún permanece permeable, estimada en 4,145.30 m², considerando un índice de infiltración de 350 mm/año. Se estima que anualmente se infiltrará en los terrenos del proyecto 1,450.86 m³ por año.

$$4,145.30 \text{ m}^2 \times 0.350 \text{ m} = 1,450.86 \text{ m}^3 \text{ por año.}$$

- **Reducción de Infiltración**

De acuerdo con lo anterior, la impermeabilización de 16,120.89 m² genera una reducción de infiltración de 5,642.31 m³ por año.

$$= 7,093.17 - 1,450.86 = 5,642.31 \text{ m}^3 \text{ por año.}$$

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Basado en el presente informe se concluye que:

1. El índice de infiltración anual en el terreno del proyecto es de 350 mm/año
2. El proyecto se desarrollará en un área de 20,266.19 m² de los cuales 16,120.89 m² serán impermeabilizados por el proyecto y el resto 4,145.30 m² se mantendrán permeables.
3. Para la condición *Sin Proyecto*, se estima que anualmente se infiltra en los terrenos del proyecto un volumen de 7,093.17m³ por año.
4. Para la condición *Con Proyecto*, se estima que anualmente se infiltrará en los terrenos del proyecto 1,450.86 m³ por año.

5. El impacto por la impermeabilización del suelo generada por el proyecto es la reducción de **5,642.31 m³ por año**

4.2 Recomendaciones de compensación

4.2.1 Para compensar la reducción de infiltración, se propone la compensación por medio de un convenio con FIAES.

Para calcular el monto de convenio, se realizan los siguientes cálculos:

La medida de compensación propuesta es desarrollar actividades de reforestación, que contribuyan con a mejorar la infiltración, por lo que se proponen una infiltración de 295 mm/año ², equivalentes a **2,950 m³ / año /hectárea**.

Si se deja de infiltrar **5,642.31 m³** al año, para compensar este impacto se necesitaría entonces intervenir en un área aproximada de **1.91 hectáreas** ($5,642.31 \text{ m}^3 / 2,950 \text{ m}^3/\text{hectárea}$).

De acuerdo con MARN el costo por reforestación por hectárea y su respectivo mantenimiento en los primeros tres años es de US\$ 4,721.00, por lo que el monto de compensación sería de **US\$ 9,017.11** (1.91 Hectáreas x US\$ 4,721.00)

4.2.2 Para evitar la construcción del riesgo de inundación aguas abajo del proyecto, se deberá considerar el diseño de un sistema de laminación, logrando así un impacto hidrológico controlado.

² Tasa promedio nacional de infiltración en mm/año 295 mm/año MARN METODO RAS 2005.