

## **1.2 DATOS DE HIDROLOGÍA BÁSICA**

### **PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS**

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

**2014**

### **1.2.2 DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL**

El suscrito Fabio Allín Jiménez García, Licenciado en Ingeniería en Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica, incorporado al Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica, con el código ICO- 15693 e inscrito como consultor individual ante SETENA con el número de registro CI-059-2007-SETENA, soy responsable de los contenidos y alcances del informe Hidrológico, elaborado como parte de los documentos de evaluación Ambiental para el proyecto Movimiento Humano y Terapias Complementarias, UNA.

#### **FIRMADO ORIGINAL**

---

Fabio Allín Jiménez García  
ICO-15693  
CI-059-2007-SETENA

### **1.2.3 Contenido**

1.2.4 RESUMEN DE RESULTADOS.....	3
1.2.5 INTRODUCCIÓN .....	5
1.2.6. TRABAJO REALIZADO.....	6
1.2.6.1 Aspectos hidrológicos básicos .....	6
1.2.6.2 Memoria de cálculo hidrológica.....	9
1.2.6.3 Parámetros hidráulicos utilizados .....	15
1.2.7. RESULTADOS HIDROLÓGICOS OBTENIDOS .....	16
1.2.7.1 Caudal neto aportado.....	16
1.2.7.2 Consecuencias para el cauce receptor .....	17
1.2.8. EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES HIDROLÓGICAS.....	18
1.2.8.1 Evaluación de resultados .....	18
1.2.8.2 Recomendaciones .....	19
1.2.8.3 Conclusiones .....	19
1.2.9.1 Grados de incertidumbre.....	20
1.2.9.2 Alcance del estudio .....	20
1.2.10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21
1.2.11. ANEXOS.....	22

#### 1.2.4 Resumen de resultados

Como se puede comprobar, el impacto del proyecto EDIFICIO DE MOVIMIENTO HUMANO, SEDE LAGUNILLA, sobre el receptor donde desfogará sus aguas pluviales es sumamente bajo comparado con el aporte actual al cauce receptor de la propiedad, el porcentaje de aumento de escorrentía representa aproximadamente un 0.69% del caudal total actual, por este motivo, y debido a que el cauce receptor presenta pendientes relativamente altas para la zona donde se encuentran, en este informe no se presenta una modelación hidráulica del receptor.

Por experiencia cuando se presentan aumentos tan bajos en el caudal transitado y la topografía del cauce tiene pendientes mayores a 2%, los efectos de las aguas pluviales aportadas por los proyectos que se construyen cerca del cauce, no van más allá de unos pocos centímetros, aunque en el caso de estudio se puede asegurar que el impacto de las futuras obras sería despreciable.

Si a lo anterior se le suma que en una topografía como la presente en el cauce analizado las diferencias de niveles en el fondo, son de varios metros, elaborar una simulación hidráulica del comportamiento del agua en el cauce no aportará ningún dato útil al análisis hidrológico.

Debido a los resultados presentados en el capítulo anterior, la evaluación de resultados se reduce al análisis de los caudales producidos y al porcentaje de aumento de la escorrentía del proyecto. Si se observa los datos de las Tablas 10 y 11, el conjunto total de la construcción planteada produce un aumento general en la escorrentía del área de proyecto de 0.69% en promedio y solo un 0.000214% sobre el caudal de la cuenca hasta el punto de análisis.

De acuerdo al Protocolo de ingeniería básica del terreno, Anexo N°5, Sección III, punto 2: “El estudio hidrológico, referente al Segmento A) deberá presentarse en todos aquellos casos en que se plantee el desarrollo de obras de infraestructura que produzcan una impermeabilización del suelo, o bien la introducción y manejo de nuevos caudales de agua (por riego o extracción de aguas subterráneas), dentro del AP y consecuentemente producen un aumento de más de un 10 % de la escorrentía superficial actual que discurre de forma directa hacia el cauce de agua natural y receptor más cercano dentro de la microcuenca hidrológica en que se localiza el AP”, debido a que el aumento en la escorrentía es 0.69%, lo que es menor al 10% planteado por SETENA, en este informe se obvió la presentación del apartado del segmento A, donde se refiere a las consecuencias que el caudal aportado por el proyecto produciría sobre el cauce receptor de las aguas pluviales, por las razones ya expuestas.

Aunque el aumento en el aporte pluvial del proyecto es sumamente bajo, las condiciones actuales de la cuenca del Río Bermúdez indican que en su parte baja se han presentado problemas de desbordamiento, por lo tanto cualquier aporte futuro por pequeño que sea puede afectar las condiciones del río aguas abajo del sitio de proyecto, por este motivo aunque en la zona de proyecto no se presenten problemas se recomienda que todas las futuras obras controlen las descargas pluviales por medio de un sistema de retención de aguas pluviales que disminuya el caudal pico máximo aportado y lo equipare con el caudal pico máximo para condiciones naturales.

### ***Recomendaciones***

- Debido a que el Río Bermúdez ha presentado problemas de desbordamiento en la zona de Belén, se recomienda la construcción de sistemas de retención de aguas pluviales que evite descargar más caudal pico que el naturalmente aportado por el área por intervenir.

### ***Conclusiones***

- Las obras a realizar en el proyecto EDIFICIO DE MOVIMIENTO HUMANO, SEDE LAGUNILLA, producen un aumento en la escorrentía del área de proyecto promedio del 0.69%.
- Las obras a realizarse en el terreno analizado, junto con las características observadas y analizadas del terreno no dan razones para creer que el cauce no tiene suficiente capacidad de carga hidráulica.
- El proyecto EDIFICIO DE MOVIMIENTO HUMANO, SEDE LAGUNILLA, generará un aumento máximo de 0.00053 m<sup>3</sup>/s, sobre la cantidad de escorrentía que actualmente aporta a la microcuenca estudiada, lo que representa un aumento de menos del 0.000214% sobre las condiciones actuales del cauce.

## **1.2.5 Introducción**

### *1.2.5.1 Datos generales sobre la finca*

El proyecto EDIFICIO DE MOVIMIENTO HUMANO, SEDE LAGUNILLA, está ubicado en la provincia de Heredia, en el cantón de Heredia, en el distrito Ulloa. La entrada a la finca donde se desarrollará este proyecto se ubica aproximadamente 2 km al Oeste del cementerio Jardines del Recuerdo. El terreno donde se sitúa tiene una topografía que se puede considerar como plana, con algunas zonas que se pueden considerar como muy quebradas, sobre todo en el sector cercano al Río Bermúdez. Presenta una diferencia máxima de elevación de aproximadamente 20 m, la pendiente promedio del terreno es superior al 5.00%, sin embargo en la zona donde se construirán las obras las pendientes son menores a 2%. El lote mide aproximadamente 27.2730 ha, además en la actualidad se encuentra con una cobertura vegetal compuesta en su mayoría por árboles dispersos, césped, cultivos, presenta algunas zonas con edificaciones, pero las mismas representan una pequeña fracción del área total de la propiedad.

Otra característica importante de la finca es que es atravesada por el Río Bermúdez, por lo tanto las aguas pluviales de la finca pueden ser descargadas sobre este cauce, no obstante se requiere integrarlas en el sistema recolector interno antes de descargarlas finalmente al río.

### *1.2.5.2 Coordinación profesional realizada*

Para realizar la caracterización hidrológica fue necesaria varias visitas al sitio del proyecto y a las zonas aledañas a él, con esto se pudo reconocer algunas características de la zona (topografía, características de la vida vegetal y del clima, propiedades hidráulicas del cauce receptor, entre otros). Además de las visitas, se realizaron recolecciones de datos hidrológicos y topográficos de la zona, esto con el fin de poder realizar una modelación hidráulica que sea representativa del área en estudio.

### *1.2.5.3 Objetivo del estudio*

El estudio pretende evaluar el aumento en la escorrentía provocado por el proyecto EDIFICIO MOVIMIENTO HUMANO, SEDE LAGUNILLA. En este caso el receptor principal es Río Bermúdez.

### *1.2.5.4 Metodología aplicada*

La metodología utilizada en este trabajo puede ser descrita en tres etapas principales. La primera etapa consistió en recabar la mayor cantidad de información sobre el régimen de precipitaciones de la zona en cuestión, esto con el fin de determinar, más adelante, el caudal transportado en el cuenco receptor para un determinado periodo de retorno. La segunda etapa fue recopilar la información de las características constructivas del proyecto, necesaria para poder determinar factores como: tiempo de concentración, área tributaria, coeficientes de rugosidad, coeficiente de escorrentía del proyecto y de las zonas aguas arriba, entre otros. Por último se calculó los aumentos en el caudal producido por el proyecto.

## 1.2.6. Trabajo realizado

### 1.2.6.1 Aspectos hidrológicos básicos

Debido al tamaño, forma, topografía y tipo de clima de la zona se hizo necesaria la aplicación de una metodología un poco más elaborada de lo normal. Como se muestra más adelante el tamaño de la cuenca analizada es grande (aproximadamente 41.29 km<sup>2</sup>) esto indica que no es posible utilizar el método racional para el cálculo de los caudales máximos.

Por el motivo anterior se seleccionó una metodología basada en hidrogramas unitarios sintéticos, para ello se utilizó una combinación de los métodos del Hidrograma unitario triangular y el Hidrograma adimensional del SCS (Soil Conservation Service).

Como menciona Villón en su libro Hidrología, Mockus desarrolló un hidrograma unitario sintético de forma triangular (utilizado por el SCS) y que a pesar de su simplicidad, proporciona los parámetros fundamentales del hidrograma: Caudal Punta ( $Q_p$ ), tiempo base ( $t_b$ ) y el tiempo en que se produce la punta ( $t_p$ ).

No se pretende entrar a definir todo el proceso de análisis que se ve involucrado en la construcción del hidrograma unitario triangular, por lo tanto se puede resumir de la siguiente manera:

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6t_c$$

$$Q_p = \frac{0.208hp_e A}{t_p}$$

$$t_b = 2.67t_p$$

Donde:

$t_p$ = Tiempo punta, en horas.

$t_c$  = Tiempo de concentración de la cuenca, en horas.

$Q_p$  = Caudal punta, en m<sup>3</sup>/s.

$hp_e$ = Precipitación máxima efectiva, en mm.

A = Area de la cuenca, en km<sup>2</sup>.

$t_b$ = Tiempo base, en horas.

La construcción del hidrograma triangular unitario representa la primera parte del análisis, pues a continuación se debe construir el hidrograma final con base en el Hidrograma adimensional del SCS. Este proceso se realiza a partir de la siguiente tabla y multiplicando  $t_p$  y  $Q_p$  por las coordenadas de la misma.

**Cuadro N° 1.**  
Coordenadas del hidrograma adimensional del SCS.

$t/t_p$	$Q/Q_p$
0.000	0.000
0.100	0.015
0.200	0.075
0.300	0.160
0.400	0.280
0.500	0.430
0.600	0.600
0.700	0.770
0.800	0.890
0.900	0.970
1.000	1.000
1.100	0.980
1.200	0.920
1.300	0.840
1.400	0.750
1.500	0.650
1.600	0.570
1.800	0.430
2.000	0.320
2.200	0.240
2.400	0.180
2.600	0.130
2.800	0.098
3.000	0.075
3.500	0.036
4.000	0.018
4.500	0.009
5.000	0.004

Para los cálculos hidrológicos se utilizaron 5 periodos de retorno que para este trabajo se establecieron en: 2, 5, 10, 25 y 50 años. Esto es importante porque la precipitación máxima efectiva se calcula a partir de la precipitación máxima diaria que se indica en el trabajo **“Estudio de Intensidades de lluvia en la cuenca del río Virilla”** de Murillo, 1994 y en la cual se indica que para la Telégrafo Barva se estiman precipitaciones máximas de 74.4mm, 87.4mm, 96mm, 106.9mm y 115mm para los periodos de 2, 5, 10, 25 y 50 años respectivamente. La precipitación máxima efectiva



se calculó multiplicando la precipitación máxima diaria por el coeficiente ponderado de escorrentía de la cuenca en estudio.

Por otro lado para el cálculo de los caudales generados por las obras futuras se utilizó el método racional, este se describe de la siguiente manera:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q= caudal, en m<sup>3</sup>/s

C= coeficiente de escorrentía, adimensional

I = intensidad de lluvia, en mm/hr

A= área tributaria, en hectáreas

Para la utilización de este método se supone que la duración del evento hidrológico de diseño es igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio, por lo tanto solo debería usarse en cuencas donde los tiempos de concentración sean razonablemente concordantes con las duraciones de las tormentas características de la zona, por lo tanto, y como se demostrará posteriormente, este método puede ser utilizado para este trabajo sin ningún inconveniente.

Para el cálculo de la tormenta de diseño se utilizarán los datos de intensidades máximas de la estación Santa Lucía (84111) del “Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas mecánicas” de Nazareth Rojas Morales. Dichos valores de intensidades han sido ampliamente probados y son de aplicación directa en la zona de estudio.

Estos datos requieren de dos referencias fundamentales, la primera es el Tiempo de concentración y la segunda es el Periodo de retorno.

El tiempo de concentración se define como “El tiempo de flujo de una gota de agua desde el punto más alejado e la cuenca hasta el punto en donde se desea estimar el caudal” (Koller, 1977). Por definición, el tiempo de concentración es igual a la suma de los tiempos que el agua tarda en atravesar las diferentes secciones antes de llegar al punto de salida.

Para este efecto, el tiempo de concentración para cuencas naturales se emplea la fórmula de Kirpich (Koller, 1977), dado por:

$$t_c = 0.0078L^{0.77} S^{-0.385}$$

Donde:

t<sub>c</sub>= tiempo de concentración, en minutos

L= longitud del canal principal de drenaje, en pies

S= pendiente promedio de la cuenca, valor adimensional.

La microcuenca en estudio y sus partes se muestran en la Figura N°1 (presente al final del documento), de esta figura, de la información obtenida de los mapas del Instituto Geográfico

Nacional y del análisis de los datos de topografía del proyecto se determinaron los siguientes parámetros:

**Cuadro Nº2.**

Parámetros de la cuenca de Río Bermúdez (hasta punto de interés).

Parámetro	Dimensión
Longitud del cauce	17050 m ó 55938 ft
Altura máxima (m.s.n.m.)	1900
Altura mínima (m.s.n.m.)	1010
Pendiente promedio (cauce)	5.22 %
Área	4129.7 ha

#### 1.2.6.2 Memoria de cálculo hidrológica

##### 1.2.6.2.1 Tiempo de concentración

Utilizando la fórmula de Kirpich y los datos presentados anteriormente se tiene:

**Cuadro Nº 3.**

Tiempos de concentración para el área tributaria analizada.

Área Tributaria	Tiempo de concentración (min)
Río Bermúdez	110.03

Por otro lado debido al pequeño tamaño de las obras por construir se consideró un tiempo de concentración de 10 minutos para las obras futuras.

##### 1.2.6.2.2 Periodos de retorno e intensidades de lluvia:

Para el cálculo de las intensidades de lluvia aplicables **SOLO A LAS OBRAS DEL PROYECTO** se utilizó periodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años, estos parámetros, el tiempo de concentración calculado anteriormente y los datos de la intensidad de lluvia de la estación 84-111 Santa Lucía, generan los datos de intensidad de lluvia buscada.

**Cuadro Nº 4**

Intensidades de lluvia para diferentes periodos de retorno

Periodos de retorno (años)	Intensidad de lluvia (mm/hr)
2	145.99
5	176.32
10	203.38
25	245.63
50	283.33

### 1.2.6.2.3 Coeficiente de escorrentía

Este dato determina la cantidad de precipitación que se convertirá en escorrentía directa, debido a factores como: tipo de precipitación, radiación solar, topografía, geología local, evaporación e intercepción. Para la determinación de este coeficiente se utilizaron los datos del siguiente cuadro:

**Cuadro N° 5**  
 Coeficientes de escorrentía para diferentes periodos de retorno

Character of surface	Return Period (years)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Coefficientes de escorrentía para uso en el método racional</b> fuente: Chow, Maidment, and Mays (1998)							
<b>Developed</b>							
Asphaltic	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concrete/roof	0.73	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Grass areas (lawns, parks, etc.)</b>							
<i>Poor condition (grass cover less than 30% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Average, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Steep, over 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Fair condition (grass cover on 50% to 75% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Good condition (grass cover larger than 75% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Average, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Steep, over 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Undeveloped</b>							
<b>Cultivated Land</b>							
Flat, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Average, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Steep, over 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pasture/Range</b>							
Flat, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Forest/Woodlands</b>							
Flat, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Average, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Steep, over 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

*Note: The values in the table are the standards used by the City of Austin, Texas. Used with permission.*

De acuerdo a lo observado en el sitio y comparando con los datos de la tabla anterior, se puede observar que el coeficiente de escorrentía aplicable a la microcuenca de Río Bermúdez a la altura del proyecto en estudio para las condiciones actuales es de **0.62**, siendo utilizado dos tipos de cobertura, la primera referente a Cultivos, pastos y árboles dispersos con pendientes mayores a entre 2% y 7%, con un valor de 0.40; y la segunda para Uso Urbano, con un coeficiente de 0.80, ésta última considera pequeñas zonas verdes dentro del área urbana. Debido a que se cuenta con diferentes tipos de cobertura se procedió a calcular coeficientes ponderados para diferentes periodos de retorno utilizando los siguientes datos:

**Cuadro N°6**  
 Áreas de aporte y coeficientes de escorrentía para la microcuenca en estudio.

USO	AREA(ha)	C	A x C
Urbano	2271.34	0.80	1817.07
Repastos, cultivos y árboles dispersos	1858.37	0.40	743.35
<b>TOTAL</b>	<b>4129.70</b>		<b>2560.41</b>
<b>C Ponderado</b>		<b>0.62</b>	

El coeficiente de escorrentía seleccionado resulta de dividir la suma de A x C (Área por Coeficiente de escorrentía) entre el área total del proyecto, el resultado de esta operación es un coeficiente crítico **C = 0.62**.

**Cuadro N° 6.1**

Áreas de aporte y coeficientes de escorrentía para la zona de proyecto en condiciones actuales.

USO	AREA(ha)	C	A x C
Emprendedurismo+cadena abastecimiento	0.08	0.40	0.0325
Mivimiento Humano	0.10220	0.40	0.0409
Edificios	5.85000	0.90	5.2650
Zonas verdes	19.65460	0.40	7.8618
Pista+calles	1.58500	0.85	1.3473
TOTAL	27.2730		14.5475
<b>C Ponderado</b>		<b>0.5334</b>	

El coeficiente de escorrentía seleccionado resulta de dividir la suma de A x C (Área por Coeficiente de escorrentía) entre el área total del proyecto, el resultado de esta operación es un coeficiente crítico **C = 0.5334**.

**Cuadro N° 6.2**

Áreas de aporte y coeficientes de escorrentía para la zona de proyecto en condiciones futuras.

USO	AREA(ha)	C	A x C
Emprendedurismo+cadena abastecimiento	0.08	0.95	0.0771
Mivimiento Humano	0.10220	0.95	0.0971
Edificios	5.85000	0.90	5.2650
Zonas verdes	19.65460	0.40	7.8618
Pista+calles	1.58500	0.85	1.3473
TOTAL	27.27300		14.6483
<b>C Ponderado</b>		<b>0.5371</b>	

El coeficiente de escorrentía seleccionado resulta de dividir la suma de A x C (Área por Coeficiente de escorrentía) entre el área total del proyecto, el resultado de esta operación es un coeficiente crítico **C = 0.5371**.

#### 1.2.6.2.4 Caudales analizados

Utilizando los datos presentados en el punto 2.1 y los métodos del hidrograma unitario triangular y el hidrograma adimensional del SCS, se obtiene que para las microcuencas analizadas los caudales punta estimados serían los siguientes:

#### Hidrograma Unitario Triangular

##### Cuadro Nº 7

Parámetros y caudales punta estimados para las microcuencas analizadas para diferentes periodos de retorno.

Parámetro	Periodo de Retorno (años)				
	2	5	10	25	50
<b>Río Garzón (Quebrada Bejuco)</b>					
H <sub>total</sub> (precipitación máxima total, en mm)	74.4	87.4	96.0	106.9	115.0
C Ponderado	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
H <sub>pe</sub> (precipitación máxima efectiva, en mm)	46.128	54.188	59.520	66.278	71.300
Area (en km <sup>2</sup> )	41.297	41.297	41.297	41.297	41.297
Tiempo de concentración t <sub>c</sub> (en horas)	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
t <sub>p</sub> (tiempo punta, en horas)	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
Q <sub>p</sub> (caudal punta, en m <sup>3</sup> /s)	<b>161.460</b>	<b>189.675</b>	<b>208.338</b>	<b>231.993</b>	<b>249.572</b>
t <sub>b</sub> (tiempo base, en horas)	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55

#### Hidrograma SCS

Una vez que se cuenta con los datos del Caudal punta (Q<sub>p</sub>) y el Tiempo punta (t<sub>p</sub>) se puede construir el Hidrograma final con base en el Hidrograma adimensional del SCS. En las siguientes tablas se muestran los resultados utilizados en la construcción de los hidrogramas finales de cada microcuenca.

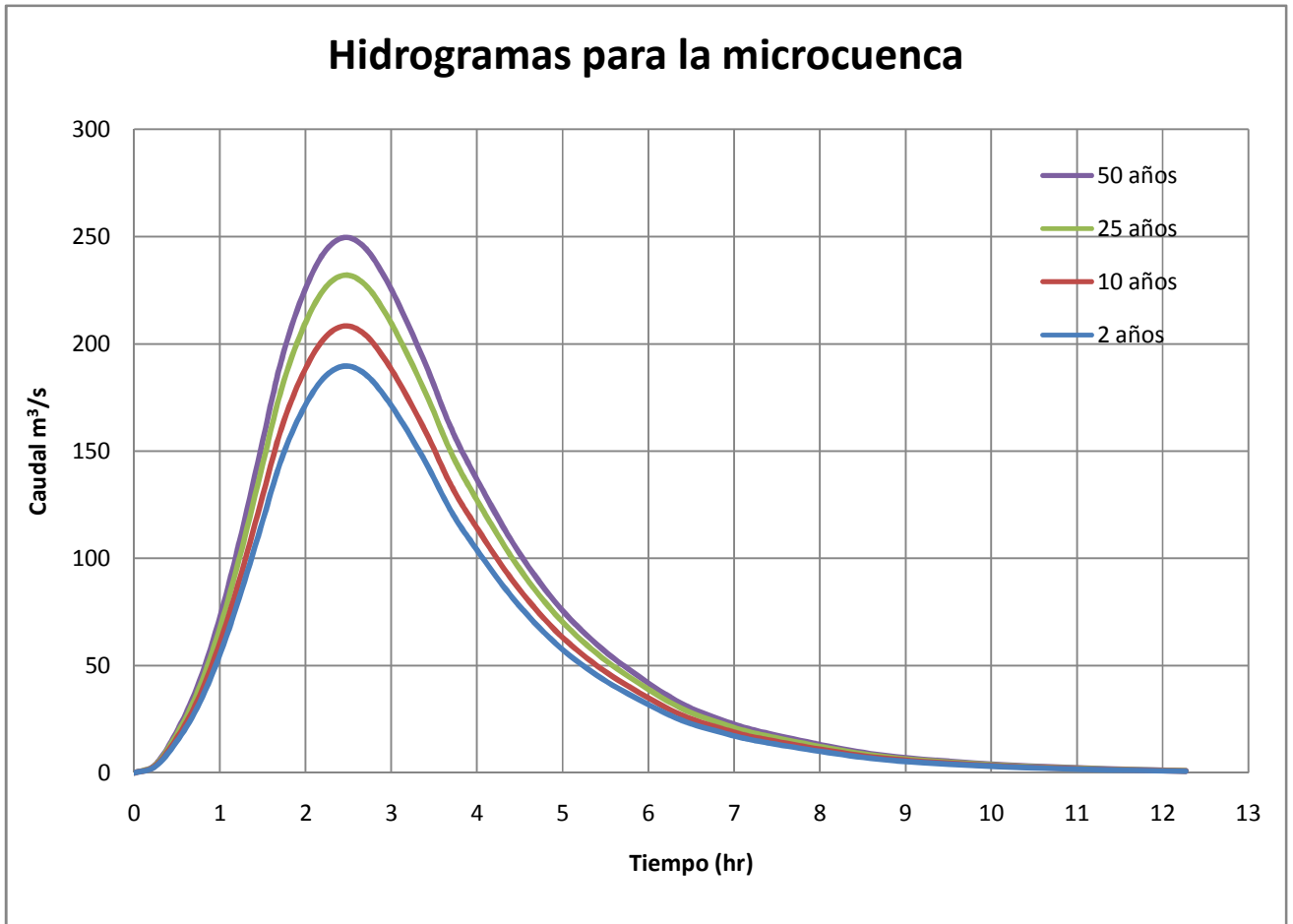
**Cuadro N°8**

Datos de caudal que conforman los hidrogramas de la microcuenca de Río Bermúdez.

Tiempo (hr)	Caudal m <sup>3</sup> /s			
	5 años	10 años	25 años	50 años
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.245	2.845	3.125	3.480	3.744
0.491	14.226	15.625	17.400	18.718
0.736	30.348	33.334	37.119	39.932
0.982	53.109	58.335	64.958	69.880
1.227	81.560	89.585	99.757	107.316
1.472	113.805	125.003	139.196	149.743
1.718	146.049	160.420	178.635	192.170
1.963	168.810	185.421	206.474	222.119
2.209	183.984	202.088	225.034	242.085
2.454	<b>189.675</b>	<b>208.338</b>	<b>231.993</b>	<b>249.572</b>
2.699	185.881	204.172	227.353	244.580
2.945	174.501	191.671	213.434	229.606
3.190	159.327	175.004	194.874	209.640
3.436	142.256	156.254	173.995	187.179
3.681	123.289	135.420	150.796	162.222
3.926	108.115	118.753	132.236	142.256
4.417	81.560	89.585	99.757	107.316
4.908	60.696	66.668	74.238	79.863
5.399	45.522	50.001	55.678	59.897
5.890	34.141	37.501	41.759	44.923
6.380	24.658	27.084	30.159	32.444
6.871	18.588	20.417	22.735	24.458
7.362	14.226	15.625	17.400	18.718
8.589	6.828	7.500	8.352	8.985
9.816	3.414	3.750	4.176	4.492
11.043	1.707	1.875	2.088	2.246
12.270	0.759	0.833	0.928	0.998

El cuadro anterior puede ser representada a manera de gráfico como se muestra a continuación.

**Gráfico Nº 1.**  
 Hidrogramas generados para la microcuenca de Río Bermúdez.



Utilizando los datos del área de intervención del proyecto, las intensidades de lluvia y los coeficientes de las áreas en su condición actual y el método racional, se obtiene que para el área de proyectotributarias, los caudales máximos esperados serían:

**Cuadro Nº 9**  
 Caudales estimados para el área de intervención para las condiciones actuales y para diferentes periodos de retorno.

Área Tributaria	Caudal (m³/s)				
	Tr 2 años	Tr 5 años	Tr 10 años	Tr 25 años	Tr 50 años
Edificios de Emprendedurismo, Cadena de Abastecimiento y Movimiento Humano	0.040	0.048	0.055	0.067	0.077

*1.2.6.3 Parámetros hidráulicos utilizados*

2.3.1 Topografía general del cauce

No se considera dado el hecho de que el aumento en el coeficiente de escorrentía es muy bajo.

2.3.2 Coeficientes de rugosidad

No se considera dado el hecho de que el aumento en el coeficiente de escorrentía es muy bajo.



### 1.2.7. Resultados hidrológicos obtenidos

#### 1.2.7.1 Caudal neto aportado

Dadas las características del proyecto EDIFICIO DE MOVIMIENTO HUMANO, SEDE LAGUNILLA, se considera que el aumento en el coeficiente de escorrentía en las zonas donde no se construirá nada será nulo; sin embargo el área de cambio en las condiciones de impermeabilización será aproximadamente igual al 0.67% del área total del lote. Otro punto importante a tomar en cuenta es que para el cálculo de la diferencia de caudal producido por el proyecto se tomará como tipo de cobertura actual la cobertura compuesta en su mayoría por césped, árboles dispersos, cultivos y zona de parqueo no pavimentado.

De esta manera se mantendrá el coeficiente de escorrentía promedio calculado anteriormente para las condiciones actuales, se tomará el área del proyecto (0.1834 Ha) y utilizando las intensidades máximas para el área tributaria donde se ubica el lote se calculará los caudales producidos actualmente por la propiedad; para las condiciones futuras solo se variará el coeficiente de escorrentía máximo para las condiciones de impermeabilización total.

**Cuadro N°10**

Caudales aportados actualmente y después de construcción.

Tipo de desarrollo	Periodo de retorno (años)				
	2	5	10	25	50
Caudal actual (C=0.5334) [m <sup>3</sup> /s]	0.0397	0.0479	0.0553	0.0667	0.0770
Caudal futuro(C=0.5371) [m <sup>3</sup> /s]	0.0399	0.0482	0.0556	0.0672	0.0775
<b>Diferencia de caudal [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>0.00028</b>	<b>0.00033</b>	<b>0.00038</b>	<b>0.00046</b>	<b>0.00053</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>0.69%</b>	<b>0.69%</b>	<b>0.69%</b>	<b>0.69%</b>	<b>0.69%</b>

Las diferencias presentadas en la Tabla 10 sirven para determinar el aumento de la escorrentía en el área del proyecto, sin embargo, y como se observa los aumentos son relativamente bajos y más aun la diferencia porcentual en el caso del periodo de retorno de 50 años es inferior al límite establecido por SETENA como mínimo necesario para la presentación del apartado hidrológico, es decir para eventos extremos mayores, el incremento de caudal producido por el proyecto EDIFICIO DE MOVIMIENTO HUMANO, SEDE LAGUNILLA, es relativamente bajo.

En el siguiente cuadro se muestra los caudales finales transitados en las diferentes avenidas máximas.

**Cuadro N°11**

Caudales transitados, incluyendo el cambio en el tipo de cobertura del lote analizado, para diferentes periodos de retorno.

Área Tributaria	Caudal (m <sup>3</sup> /s)				
	Tr 2 años	Tr 5 años	Tr 10 años	Tr 25 años	Tr 50 años
Río Bermúdez	161.460	186.675	208.340	231.990	249.570
% Aumento	0.000170	0.000175	0.000184	0.000199	0.000214

*1.2.7.2 Consecuencias para el cauce receptor*

Debido a que los porcentajes de aumento son sumamente bajos, no se considera necesario la realización de una modelación del cauce, esto pues con aumentos muy bajos de caudal, las condiciones hidráulicas iniciales del flujo en el receptor se ven prácticamente inalteradas.

## **1.2.8. Evaluación de resultados y conclusiones hidrológicas**

### **1.2.8.1 Evaluación de resultados**

Como se puede comprobar, el impacto del proyecto EDIFICIO DE MOVIMIENTO HUMANO, SEDE LAGUNILLA, sobre el receptor donde desfogará sus aguas pluviales es sumamente bajo comparado con el aporte actual al cauce receptor de la propiedad, el porcentaje de aumento de escorrentía representa aproximadamente un 0.69% del caudal total actual, por este motivo, y debido a que el cauce receptor presenta pendientes relativamente altas para la zona donde se encuentran, en este informe no se presenta una modelación hidráulica del receptor.

Por experiencia cuando se presentan aumentos tan bajos en el caudal transitado y la topografía del cauce tiene pendientes mayores a 2%, los efectos de las aguas pluviales aportadas por los proyectos que se construyen cerca del cauce, no van más allá de unos pocos centímetros, aunque en el caso de estudio se puede asegurar que el impacto de las futuras obras sería despreciable.

Si a lo anterior se le suma que en una topografía como la presente en el cauce analizado las diferencias de niveles en el fondo, son de varios metros, elaborar una simulación hidráulica del comportamiento del agua en el cauce no aportará ningún dato útil al análisis hidrológico.

Debido a los resultados presentados en el capítulo anterior, la evaluación de resultados se reduce al análisis de los caudales producidos y al porcentaje de aumento de la escorrentía del proyecto. Si se observa los datos de las Tablas 10 y 11, el conjunto total de la construcción planteada produce un aumento general en la escorrentía del área de proyecto de 0.69% en promedio y solo un 0.000214% sobre el caudal de la cuenca hasta el punto de análisis.

De acuerdo al Protocolo de ingeniería básica del terreno, Anexo N°5, Sección III, punto 2: *“El estudio hidrológico, referente al Segmento A) deberá presentarse en todos aquellos casos en que se plantee el desarrollo de obras de infraestructura que produzcan una impermeabilización del suelo, o bien la introducción y manejo de nuevos caudales de agua (por riego o extracción de aguas subterráneas), dentro del AP y consecuentemente producen un aumento de más de un 10 % de la escorrentía superficial actual que discurre de forma directa hacia el cauce de agua natural y receptor más cercano dentro de la microcuenca hidrológica en que se localiza el AP”*, debido a que el aumento en la escorrentía es 0.69%, lo que es menor al 10% planteado por SETENA, en este informe se obvió la presentación del apartado del segmento A, donde se refiere a las consecuencias que el caudal aportado por el proyecto produciría sobre el cauce receptor de las aguas pluviales, por las razones ya expuestas.

Aunque el aumento en el aporte pluvial del proyecto es sumamente bajo, las condiciones actuales de la cuenca del Río Bermúdez indican que en su parte baja se han presentado problemas de desbordamiento, por lo tanto cualquier aporte futuro por pequeño que sea puede afectar las condiciones del río aguas abajo del sitio de proyecto, por este motivo aunque en la zona de proyecto no se presenten problemas se recomienda que todas las futuras obras controlen las descargas pluviales por medio de un sistema de retención de aguas pluviales que disminuya el caudal pico máximo aportado y lo equipare con el caudal pico máximo para condiciones naturales.

#### **1.2.8.2 Recomendaciones**

- Debido a que el Río Bermúdez ha presentado problemas de desbordamiento en la zona de Belén, se recomienda la construcción de sistemas de retención de aguas pluviales que evite descargar más caudal pico que el naturalmente aportado por el área por intervenir.

#### **1.2.8.3 Conclusiones**

- Las obras a realizar en el proyecto EDIFICIO DE MOVIMIENTO HUMANO, SEDE LAGUNILLA, producen un aumento en la escorrentía del área de proyecto promedio del 0.69%.
- Las obras a realizarse en el terreno analizado, junto con las características observadas y analizadas del terreno no dan razones para creer que el cauce no tiene suficiente capacidad de carga hidráulica.
- El proyecto EDIFICIOS DE MOVIMIENTO HUMANO, SEDE LAGUNILLA, generará un aumento máximo de  $0.00053 \text{ m}^3/\text{s}$ , sobre la cantidad de escorrentía que actualmente aporta a la microcuenca estudiada, lo que representa un aumento de menos del 0.000214% sobre las condiciones actuales del cauce.

## **1.2.9. Grados de incertidumbre y alcance del estudio**

### **1.2.9.1 Grados de incertidumbre**

La principal fuente de incertidumbre en un estudio hidrológico resulta del análisis de la información meteorológica, pues para este trabajo se utilizó una metodología basada en intensidades de lluvia obtenidas de estudios de los años 90's (**Estudio de Intensidades de Lluvia en la cuenca del río Virilla**). Como se puede notar los datos no están actualizados, sin embargo a nivel nacional no ha existido interés en actualizar esta información, de manera que el mayor grado de incertidumbre está en la validez de los datos de intensidades de lluvia.

También se debe anotar que la metodología del hidrograma unitario utilizado puede inducir a datos de caudal menores a los esperados, sin embargo dado el hecho de que el proyecto afecta de manera despreciable las condiciones del río y a que las futuras obras no se ven expuestas a ningún tipo de riesgo por parte del río, se considera que los datos utilizados son suficientemente aceptables como para realizar el análisis expuesto en este informe.

### **1.2.9.2 Alcance del estudio**

Los resultados presentados en este estudio son solo aplicables para la microcuenca estudiada, las condiciones de cobertura actuales (con las suposiciones hechas en el apartado 2.2.4), la topografía del cauce existente al día de hoy y para la zona donde se construirá el futuro proyecto, cualquier traslado de información de la microcuenca en estudio a otra microcuenca debe realizarse con las herramientas óptimas para ese trabajo, si no es así, no debería de utilizarse la información presentada en este trabajo para definir condiciones hidrológicas de otro proyecto.

### 1.2.10. Referencias bibliográficas

Chow, Ven Te. 1994. **HIDROLOGIA APLICADA**. Colombia: Editorial McGraw-Hill.

Chow, Ven Te. 1994. **HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS**. Colombia: Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A.

Martín V, Juan P. 2003. **INGENIERIA DE RIOS**. España: Edicions UPC, S.L.

Koller L. 1977. **HIDROLOGIA PARA INGENIEROS**. Colombia: Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A.

P.Novak, A.I.B. Moffat, C. Nalluri. 1996. **ESTRUCTURA HIDRAULICAS**. Colombia: Editorial McGraw-Hill.

Vahrson y Alfaro. 1995. **INTENSIDAD, DURACIÓN Y FRECUENCIA DE LLUVIAS PARA DIFERENTES ZONAS DEL PAÍS**. San José.

Rodriguez Piña, Ernesto. 1989. **“REVISIÓN DE MÉTODOS DE DISEÑO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO DE ALCANTARILLAS PARA CARRETERAS”**. Tesis de licenciatura, Ingeniería Civil, UCR, Agosto 1989.

Aparicio, F. 1992. **“Fundamentos de Hidrología de Superficie”**; Editorial Limusa; México D.F

Dunne, T; Leopold, L. 1978. **“Water in Environmental Planning”**; W.H. Freeman and Company, Estados Unidos.

Murillo, Rafael. 1994. **“Estudio de Intensidades de lluvia en la cuenca del río Virilla”**. Tesis para optar por el grado de licenciatura en ingeniería civil, Universidad de Costa Rica. 1994.

Rojas Morales, Nazareth 2011. **“Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas Mecánicas”**; Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica

Villón Bejar, Máximo. **“Hidrología”**. Editorial Instituto Tecnológico.

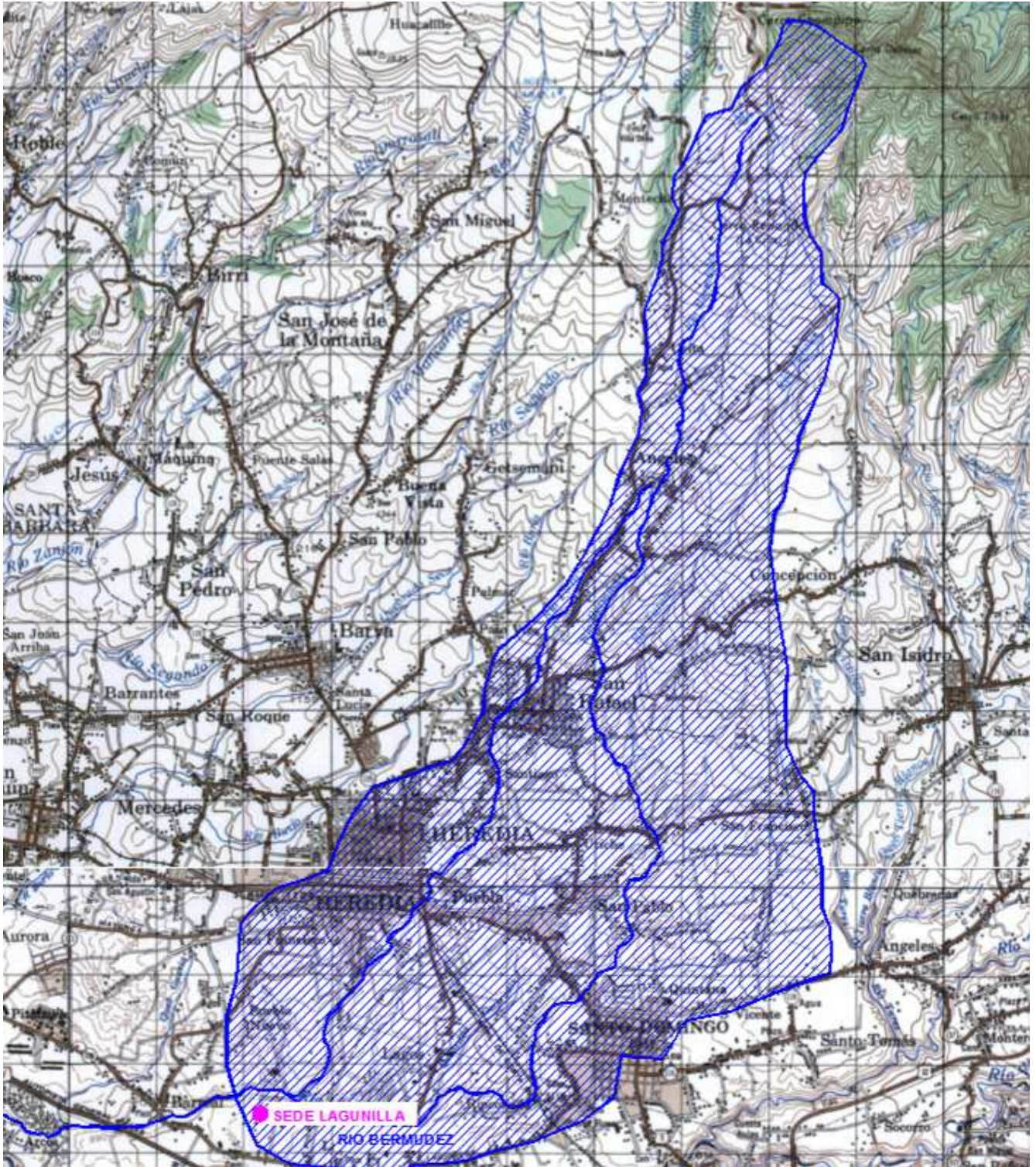
Vahrson W.-G., Arauz I, Chacón R., Hernández G, Mora S.1990. **“AMENAZA DE INUNDACIONES EN COSTA RICA; AMERICA CENTRAL, COMENTARIOS AL MAPA 1:500.000”**. Informe a la Comisión de Emergencia Nacional (CNE) y al Centro de Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC)

Jiménez García, Fabio A. 2005. **“MODELO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL URBANOS, CON UNA APLICACIÓN EN MS EXCEL”**. Tesis de licenciatura, Ingeniería en Construcción, ITCR, Noviembre 2005.

### **1.2.11. Anexos**

#### 1.2.11.1 Delimitación del área tributaria de la cuenca analizada

1.2.11.1 Delimitación del área tributaria de la cuenca analizada





### **1.3 Certificación sobre el riesgo antrópico**

#### **1.3.1 Finalidad de la certificación sobre la consideración del riesgo antrópico**

La certificación sobre riesgo antrópico tiene como objetivo demostrar que en el diseño de la obra a desarrollar, se ha tomado en cuenta la eventual existencia de potenciales fuentes de riesgo antrópico. Incluyendo como tales aquellas fuentes de riesgo antrópico, localizados en el AP, en su lindero inmediato, tales como presencia de tanques de almacenamiento de gas o combustibles de diverso tipo, líneas de transmisión eléctrica, almacenamiento y manejo de sustancias peligrosas, piloductos, gasoductos; todos ellos en cantidades, volúmenes o magnitudes suficientes para que a criterio de experto del profesional, puedan ser considerados como fuentes de riesgo para la obra a desarrollar y sus ocupantes, y por lo tanto a tomar en cuenta en el diseño de la actividad.

#### **1.3.2 Ámbito de aplicación de la certificación sobre la consideración del riesgo antrópico.**

La certificación sobre la consideración del riesgo antrópico deberá ser emitida para todas aquellas actividades obras o proyectos que impliquen el desarrollo de infraestructura civil que alojará personas en las mismas.

#### **1.3.3 Responsable de la emisión de la certificación sobre la consideración del riesgo antrópico.**

La certificación sobre la consideración del riesgo antrópico será emitida por un profesional responsable, inscrito y vigente en el registro de consultores de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental.

#### **1.3.4 Información base a tomar en cuenta para la emisión de la certificación sobre la consideración del riesgo antrópico.**

La definición de si dentro del AP o en su lindero inmediato se localiza una fuente de riesgo antrópico, la certificará el profesional, considerando tres criterios fundamentales y complementarios : a) la observación directa en el campo, b) la información disponible en los mapas de amenaza emitidos por la Comisión Nacional de Prevención y Atención de Desastres (CNE) y c) los datos aportados por otros profesionales que realizaran estudios técnicos complementarios en el terreno en cuestión dentro del cumplimiento del trámite de Evaluación Ambiental.

#### **1.3.5 Referente a la forma de la certificación sobre la consideración del riesgo antrópico.**

A continuación se detalla el contenido de la certificación de riesgo antrópico para el proyecto Movimiento Humano y Terápias Complementarias:

**San José, 20 de Enero de 2014**

Señor

**Ing. Uriel Juarez Baltodano**

Secretario General

Secretaría Técnica Nacional Ambiental

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones

Estimado señor:

Por medio de la presente, yo Monserrat Rojas Molina, CI 002-2006, certifico que para el Proyecto **Edificio Movimiento Humano y Terápias Complementarias** a ser desarrollado por la **Universidad Nacional** y que será desarrollado en la provincia de Heredia, cantón Heredia, distrito Ulloa, he aplicado los criterios establecidos en la) sección IV, del anexo 5 del decreto ejecutivo N° 32712-MINAE Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación Ambiental, y no he encontrado ningún riesgo antrópico.

Atentamente,

**FIRMADO ORIGINAL**

---

Geogr. Monserrat Rojas Molina

CI 002-2006

Geocad Estudios Ambientales

### **1.3.6 Responsabilidad profesional por la información aportada.**

La suscrita Monserrat Rojas Molina, Geografa de la Universidad de Costa Rica, inscrita como consultora individual ante SETENA con el número de registro CI-002-2005-SETENA, es responsable de los contenidos y alcances de la información incluida en la certificación de riesgo antrópico , elaborado como parte de los documentos de evaluación Ambiental para el proyecto Movimiento Humano y Terápias Complementarias.

**CAPITULO II ESTUDIOS TECNICOS DE GEOLOGÍA  
BÁSICA DEL TERRENO  
2.1 PROTOCOLO PARA ESTUDIO TÉCNICO DE  
GEOLOGÍA BÁSICA DEL TERRENO**

**PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO  
HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS**

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

**2014**

### 2.1.2 Documento de responsabilidad profesional

El suscrito Mauricio Vásquez Fernández, Bachiller en Geología de la Universidad de Costa Rica y Master en Hidrogeología y Manejo de Recursos Hídricos de la Universidad de Costa Rica, incorporado al Colegio de Geólogos de Costa Rica, con el código 287 y consultor asociado a SETENA con el código 82-2004, manifiesta el conocimiento y aceptación de las condiciones y requisitos establecidos en el punto 9, "Responsabilidad profesional por la información aportada", del anexo 6 del "Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental", Parte II, publicado en el Alcance N° 43 de la Gaceta N° 223 del 18 de noviembre del 2005 y por lo tanto es responsable de los contenidos y alcances del informe técnico de geología básica, elaborado como parte del Documento de Evaluación Ambiental D1 para el **PROYECTO CONSTRUCCION MOVIMIENTO HUMANO Y TERÁPIAS COMPLEMENTARIAS**, sita en el Campus Regional de la Universidad Nacional en Heredia, Heredia, Ulloa.

**FIRMADO ORIGINAL**

---

Mauricio Vargas Fernández

### **2.1.3. Contenido**

2.1.2 RESPONSABILIDAD PROFESIONAL .....	1
2.1.3. TABLA DE CONTENIDO .....	2
2.1.4 RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	3
2.1.5 INTRODUCCIÓN .....	4
2.1.6 UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES.....	5
2.1.6 INTEGRACIÓN CON LOS DATOS DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO .....	10
2.1.7 GEOMORFOLOGÍA DEL AP Y ALREDEDORES .....	10
2.1.8 SÍNTESIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES GEOLÓGICAS .....	13
2.1.9 DISCUSIÓN SOBRE LIMITANTES DE INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL ESTUDIO .....	13
2.1.10 Referencias Bibliográficas.....	14

#### **2.1.4 Resumen de Resultados y Conclusiones**

En la zona donde se ubica el proyecto y en general en los alrededores de Lagunilla al sur del centro de Heredia, la mayor influencia proviene del volcán Barva y la Formación Tiribí. Las unidades superiores del AP están conformadas principalmente por depósitos de cenizas, ya alteradas a suelos, que cubren depósitos de ignimbritas espesos. La Formación Colima conforma el basamento de la secuencia volcánica, sobreyacida por la Formación Tiribí y los depósitos de ignimbritas potentes y finalmente la Formación Barva con los materiales volcánicos del Barva que han rellenado la parte norte de Heredia y conforman el edificio volcánico. La unidad geológica superior constituye materiales piroclásticos de caída, que han sido alteradas por efectos de la meteorización, se presentan de color café oscuro a rojizo fuerte, de grano fino a grueso y poco consolidadas. Los mejores afloramientos de la Formación Tiribí se observan en el cauce del río Bermúdez al norte del AID. A nivel local en la finca del AP no se observaron fallas geológicas locales que limiten o afecten las unidades geológicas superficiales. Tampoco se observó ninguna tendencia estructural en las rocas, debido principalmente a la mala calidad de las rocas alteradas y a los depósitos de ignimbritas no afectados por procesos tectónicos, además dada las características de la topografía del sitio, no hay evidencia de estructuras geológicas relevantes. La capa 1 es un limo con contenido vegetal de color negro; la capa 2 es arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH); la capa 3 es arcilla arenosa de media plasticidad, de color café (CL) y la capa 4 es arcilla limosa de mediana plasticidad de color café (CL) hasta los 7,20m de profundidad. En ninguna de las perforaciones se encontró nivel freático. Las formas del terreno en la zona del AP deben su origen a los eventos volcánicos que depositaron los materiales piroclásticos, en especial las ignimbritas inferiores, dejando superficies de formas onduladas y topografía suave. La totalidad del AP se ubica dentro de una unidad de pendiente plana con menos del 1% de inclinación en dirección sur hacia el valle del río Bermúdez. Al Sur en el AID cruza el río Bermúdez, el cual no representa una amenaza directa al sitio del proyecto. En la visita realizada a la finca se no observaron indicios de erosión fluvial.

### **2.1.5 Introducción**

#### *Datos generales sobre el proyecto*

El proyecto Movimiento Humano y Terápias Complementarias Campus Benjamín Nuñez, se ubica en Lagunilla, cantón central de la provincia de Heredia. El tamaño de las obras a realizar es de 1500 m<sup>2</sup> y el tamaño de la propiedad es de 27ha 2730 m<sup>2</sup>.

#### *Coordinación profesional realizada*

Para realizar la caracterización Geológica fue necesaria una visita al sitio del proyecto y a las zonas aledañas con el fin de reconocer las características de la zona, tales como topografía, geomorfología y las unidades geológicas aflorantes. Además de la visita, se realizó una recolección de datos geológicos y topográficos de la zona, esto con el fin de realizar una caracterización representativa del área en estudio.

### **Objetivos**

Caracterizar de manera rápida y directa la conformación geológica estructural del AP y su entorno inmediato. De acuerdo con la sección I del Manual de Evaluación de Impacto Ambiental es importante determinar a geoptitud de AP, que se define como las limitantes técnicas o atributos técnicos positivos respecto del desarrollo de la actividad, obra o proyecto.

### **Metodología aplicada**

La metodología utilizada fue primeramente una visita al sitio para realizar observaciones de campo, hacer un análisis de las condiciones geológicas, de la topografía y de las unidades litológicas aflorantes en el lote que constituye el AP y en el AID. Igualmente se hace una recopilación de la información obtenida del estudio de suelos en lo que respecta a las características geotécnicas del AP.

## 2.1.6 Unidades geológicas superficiales

### ***GEOLOGÍA O ASPECTOS GEOLOGICOS REGIONALES***

En el contexto geotectónico regional el AP se ubica dentro de la Cordillera Volcánica Central, sobre una meseta de depósitos de volcánicos de más de 300 000 años de edad, los cuales provienen de la construcción de los edificios volcánicos actuales. Las unidades más recientes constituyen coladas de lavas de origen fisural, sobreyacidos por depósitos piroclásticos de tipo ignimbritas y finalmente coladas de lava y cenizas del volcán Barva.

El basamento del Valle Central está constituido por rocas sedimentarias del Terciario que afloran en los cerros al sur del área metropolitana en el cerro Palomas y Escazú, son sobreyacidas por espesores potentes de varias centenas de metros de una serie de materiales de origen volcánico, originados en una paleo Cordillera durante el Pleistoceno Temprano, se incluyen aquí las lavas e ignimbritas de las formaciones Colima y Tiribí y posteriormente, del Pleistoceno Medio al presente, se han depositado flujos de lavas, lahares y cenizas provenientes de los estratovolcanes actuales Irazú, Barva y Poás que han terminado de cubrir y rellenar la depresión tectónica del Valle Central sobre las que se asientan los principales centros de población del país.

En la zona donde se ubica el proyecto y en general en los alrededores de Lagunilla al sur del centro de Heredia, la mayor influencia proviene del volcán Barva y la Formación Tiribí. Las unidades superiores del AP están conformadas principalmente por depósitos de cenizas, ya alteradas a suelos, que cubren depósitos de ignimbritas espesos.

A continuación se hace referencia a las formaciones geológicas principales de la más antigua a la más reciente que constituyen la estratigrafía volcánica del AP y AID.

#### **Formación Colima o Lavas Intracañón**

Es constituida por al menos 7 coladas de lavas andesíticas de 10 a 30m de espesor (Echandi, 1981) y afloran principalmente en los valles profundos de los ríos Virilla, Tibás y Tiribí, han sido identificadas en numerosas perforaciones a lo largo del Valle Central lo que ha permitido delimitar su extensión y variaciones de espesor.

Se divide en el Miembro Linda Vista (Colima Superior) que son andesitas afíricas y Miembro Belén (Colima Inferior) que consiste de andesitas porfiríticas con dos piroxenos. En los horizontes fracturados y brechosos de cada miembro de desarrollan los principales acuíferos Colima Superior (junto con el acuífero La Libertad) y Colima Inferior respectivamente.

Dichas unidades de lavas están separadas por el Miembro Puente de Mulas que está formado por ignimbritas de baja permeabilidad y de hasta 80m de espesor (Losilla et. al., 2001) que funciona como un acuitardo permitiendo la conexión vertical entre los acuíferos Colima. La Formación Colima aflora en el fondo del cañón del río Virilla al sur del AID.



Se calcula que el espesor total de la formación es de 270m (Echandi, 1981), es sobre yacida concordantemente por los depósitos de la Formación Tiribí. Esta formación geológica se ubica a más de 80 m de profundidad según la profundidad del cañón del río Virilla.

Según Kusmaul (2000) estas lavas son el producto de efusiones a lo largo de fisuras con direcciones NE-SO hasta E-O, ya que su extensión lateral es muy grande. La composición química de estas lavas es diferente a las lavas de los estratovolcanes de la Cordillera Volcánica Central y se asemeja más a la composición de la Formación Tiribí sobre yacente.

### **Formación Tiribí o Depósitos de Avalancha Ardiente**

Consiste de extensos depósitos de toba y flujos piroclásticos, flujos de ceniza con bombas escoriáceas, lapilli y clastos líticos, a veces se presenta como ignimbritas muy soldadas, de color gris claro y con fiames negros. Las facies de soldamiento varían tanto vertical como horizontalmente en diferentes puntos del Valle Central. En la base de la unidad se localiza una capa de pómez de caída de hasta 3m de espesor.

El espesor máximo de la formación es de 150m, tiene una extensión de 500km<sup>2</sup> y un volumen de 25km<sup>3</sup> (Kusmaul, 1988). Yace discordante o discontinua a la Formación Colima y a otras unidades sedimentarias del Terciario al suroeste del Valle Central. Es sobre yacida por lahares, piroclastos y lavas procedentes de la Cordillera Volcánica Central, tales como Formación Barva (en el AID) y Lavina del Valle Central al este. Cerca del AP los mejores afloramientos de esta formación se observan en el cauce del río Bermúdez al norte y además en otros puntos del cañón del río Virilla al sur.

La Formación Tiribí se caracteriza por ser de alta porosidad y una moderada permeabilidad, en las zonas más soldadas la permeabilidad disminuye, actúa como acuitardo regional cuando subyace al acuífero Barba Inferior (SENARA-BGS, 1985). En gran parte del Valle Central cubre al acuífero Colima Superior.

### **Formación Barba**

Dentro de esta unidad se agrupan todas aquellas coladas de lavas y depósitos piroclásticos que sobreyacen a la Formación Tiribí al oeste y norte del Valle Central en Heredia, San Antonio de Belén, Alajuela y La Guácima. SENARA-BGS (1985) y Protti (1986) incluyen todos los tipos litológicos que constituyen en la vertiente sur del estratovolcan, los miembros Bermúdez, Porrosatí, Carbonal, Los Ángeles, Los Bambinos y Cráter.

**Miembro Bermúdez:** es la unidad más basal y distal al volcán Barva, son lavas andesíticas blocosas en forma de lenguas con dirección SO, son fracturadas, originan el acuífero Barba Inferior. Las capas de lavas tienen variaciones abruptas en el espesor relacionadas con las depresiones topográficas (SENARA-BGS, 1985). Aflora en el Aeropuerto Juan Santamaría, La Guácima, Barva, en Heredia en el río Pirro y en Barreal en la quebrada Guaría al noroeste del AID.

**Miembro Porrosatí y Carbonal:** son arenas volcánicas gruesas y tobas arcillosas meteorizadas, forman acuitardos de gran extensión que subyacen a los acuíferos locales Barba Superior donde no existen estos acuíferos superiores, estas unidades afloran cubriendo el acuífero Barba Inferior

(SENARA-BGS, 1985) y sus depósitos pueden conformar la unidad geológica superior en el AP siendo entonces los más distales de la fuente de origen el volcán Barba. La cobertura de piroclastos se extiende desde la cima del volcán Barva hasta su base, donde se vuelven de granulometría más fina.

La figura 1 es el mapa geológico regional tomado del Mapa Geológico de la Hoja Abra a escala 1:50 000 del IGN elaborado por Denyer & Arias (1991). La geología del AP se incluye dentro de la unidad denominada Formación Tiribí o Depósitos de Avalancha Ardiente. Al norte del río Bermudez se extiende la unidad Lavas Pos Avalancha que agrupan al final todas las litologías que conforman a la Formación Barva y en el cañón del río Virilla la Formación Colima o Lavas Intracañón.

### ***Aspectos Geológicos Locales***

La unidad geológica superior constituye materiales piroclásticos de caída, que han sido alteradas por efectos de la meteorización, se presentan de color café oscuro a rojizo fuerte, de grano fino a grueso y poco consolidadas, fácilmente erosionables. Los suelos son el producto de la alteración de las rocas de la Formación Tiribí que conforman la geología del sector comprendido entre el río Bermudez y el río Virilla, donde se ubica el AP. Los mejores afloramientos se observan en el cauce del río Bermudez al norte del AID. El espesor de suelo puede alcanzar los 5m y por debajo se localiza la roca sana y dura de ignimbritas. El espesor de esta formación puede alcanzar los 40m en los alrededores del AP.

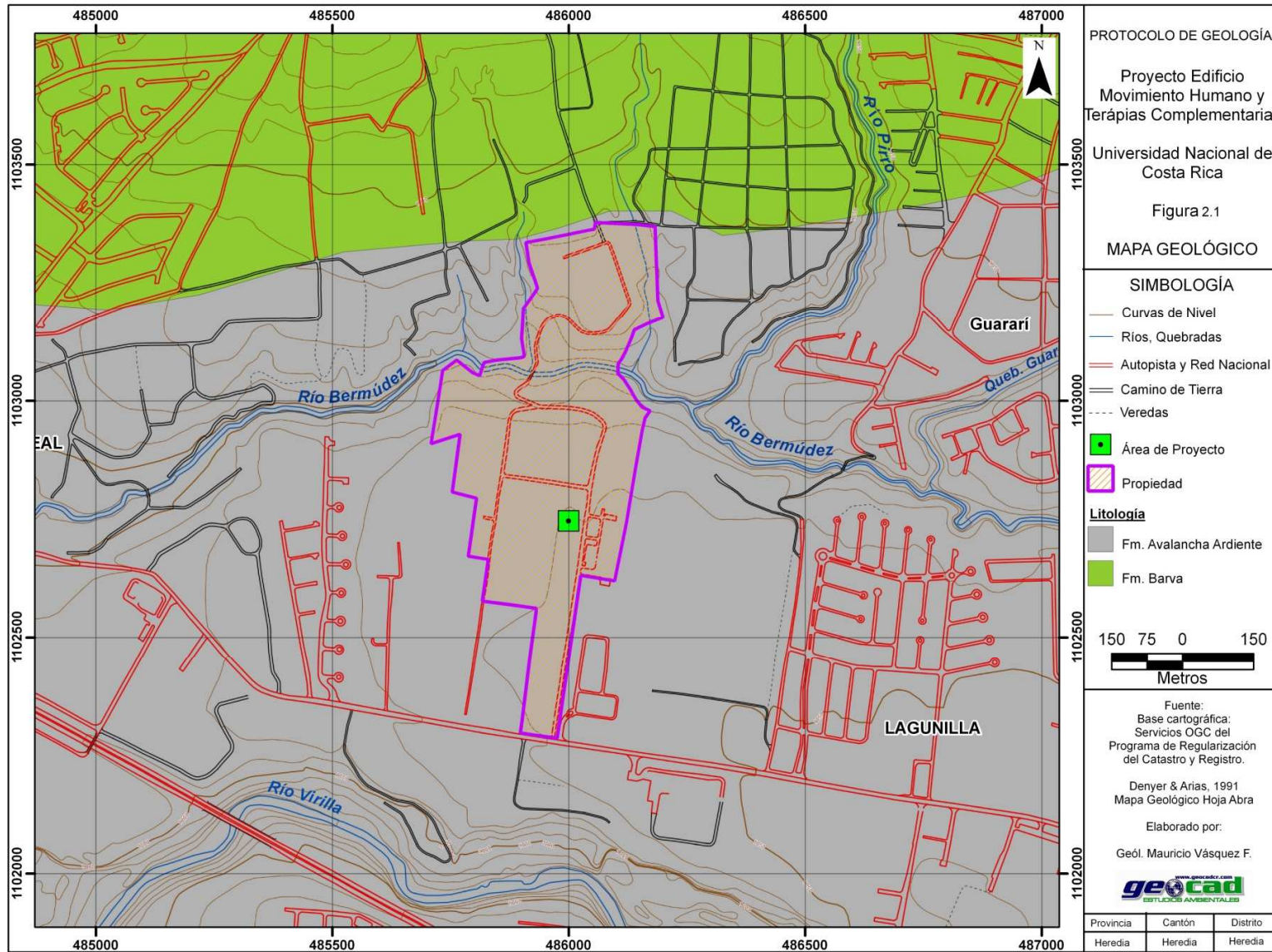
### ***Análisis estructural y evaluación***

A nivel local en la finca del AP no se observaron fallas geológicas locales que limiten o afecten las unidades geológicas superficiales. Tampoco se observó ninguna tendencia estructural en las rocas, debido principalmente a la mala calidad de las rocas alteradas y a los depósitos de ignimbritas no afectados por procesos tectónicos, además dada las características de la topografía del sitio, no hay evidencia de estructuras geológicas relevantes. La geometría de los depósitos piroclásticos es tabular y sobreyacen en contacto discordante a las lavas subyacentes. No se observaron tampoco contactos litológicos entre unidades. El terreno del AP es plano y hay una ausencia total de afloramientos.

Las unidades geológicas superficiales en el AP son básicamente mantos de cenizas meteorizadas mezcladas con suelos alterados, que descansan sobre gruesas capas de depósitos piroclásticos soldados que tienden a rellenar los espacios o depresiones y en general a suavizar la topografía y los contornos. La forma de estos depósitos es tabular con un piso irregular debido a la geometría de las coladas inferiores. Por lo efectos de la erosión fluvial la geometría original de las unidades ha cambiado. No hay buzamientos y no hay tendencias estructurales en las unidades geológicas superficiales. Tampoco se observaron fallas geológicas locales o discontinuidades que limiten las unidades, aunque se sabe por la génesis de los materiales, que los contactos son abruptos y a veces transicionales entre unidades volcánicas, cuando existen paleosuelos intercalados se asumen tiempos de relativa quietud en la actividad volcánica y por ende significan discontinuidades entre unidades.

***Mapa geológico del AP***

La figura 2.1, corresponde con el Mapa Geológico Local del AP y AID de acuerdo con las observaciones e interpretaciones de campo realizadas en la finca del proyecto.



### 2.1.6 Integración con los datos del estudio geotécnico

#### Edificio de Movimiento Humano y Terapias Complementarias

Los suelos del sitio se describen con base en el estudio de suelos o geotécnico llevado a cabo por Vieto (2013). Se llevaron a cabo 6 perforaciones mediante el método SPT a cargo de la firma Vieto (Noviembre, 2013). Tuvieron profundidades entre 6,0 y 7,2 m. Se describe el siguiente perfil del suelo:

**Capa 1:** limo con contenido vegetal de color negro, consistencia muy blanda, resistencia seca media. Hasta 45cm de profundidad.

**Capa 2:** arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH), de consistencia variable entre blanda y medianamente rígida, resistencia seca a media. De 0,45 a 1,80m de profundidad.

**Capa 3:** arcilla arenosa de media plasticidad, de color café (CL), de consistencia variable entre medianamente rígida y muy rígida, resistencia seca media. Entre 1,80 y 4,20m de profundidad.

**Capa 4:** arcilla limosa de mediana plasticidad de color café (CL), de consistencia variable entre medianamente rígida y dura, resistencia seca variable entre media ya alta. Entre 4,20 y 7,20m de profundidad.

En ninguna de las perforaciones se encontró nivel freático. Se llevó a cabo una prueba de infiltración en el sitio, en donde no se registró descenso del agua, debido a la baja permeabilidad de los suelos y las condiciones de saturación al momento del ensayo.

### 2.1.7 Geomorfología del AP y alrededores

El valle central occidental es una cuenca drenada por las aguas del río Virilla y por numerosos afluentes que se sitúan en la parte este, en el piemonte volcánico norte, tales como los ríos Bermudez y Segundo que descargan en el río Virilla. Los ríos entallan profundamente la vertiente volcánica cuaternaria, formando una trama de cañones, sub paralela que corre en el sentido noreste-suroeste en el mismo sentido de las coladas de lava.

La vertiente norte está conformada por estratovolcanes construidos por una serie de coladas de lava andesíticas, interestratificadas con capas de ceniza y de piroclastos; la superficie está cubierta por espesos depósitos de cenizas que han evolucionado en capas de arcilla de colores rojizos que ocultan las coladas de lava dando un paisaje ondulado, como se observa hacia el norte en el centro de Heredia.

El piemonte volcánico entra en contacto con una meseta de lavas, mediante una serie de conos de deyección muy entallados por la erosión y formados por depósitos de lahares al este en San José y lavas torrenciales al oeste. El río Virilla ha entallado profundamente la meseta volcánica, con profundidades de hasta 100m, dejando mostrar los depósitos de ignimbritas y lavas del Cuaternario Medio y Superior.

Las formas del terreno en la zona del AP deben su origen a los eventos volcánicos que depositaron los materiales piroclásticos, en especial las ignimbritas inferiores, dejando superficies de formas onduladas y topografía suave, las cuales son afectadas actualmente por la erosión fluvial de los principales ríos y quebradas como la quebrada Guaria, río Pirro y Bermúdez en el AID. La

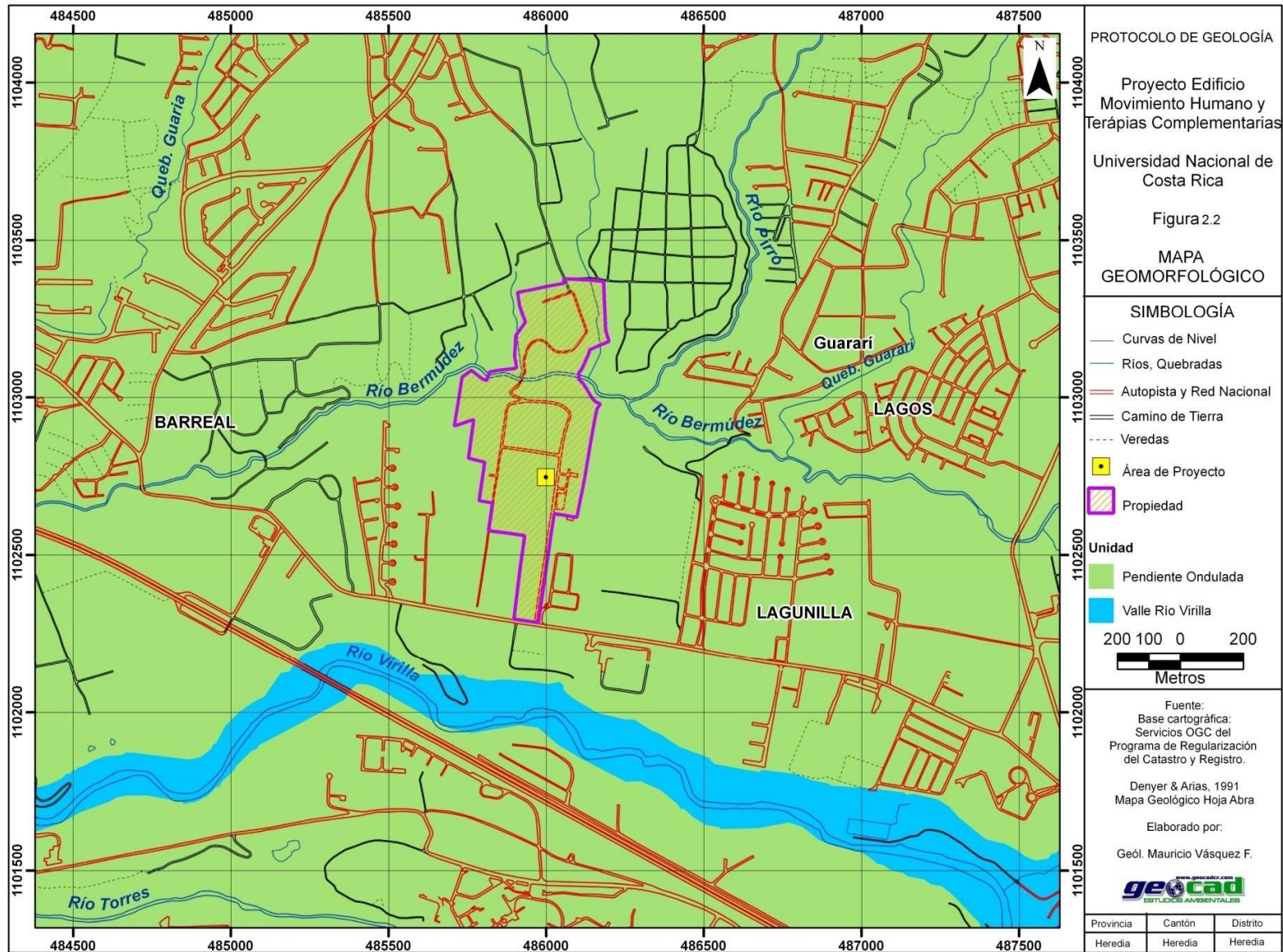
geomorfología del Valle Central ha sido descrita por Bergoeing (1981 y 1998) así como Madrigal & Salazar (1993). El Mapa Geomorfológico muestra la unidad geomorfológica definida para el AP.

### ***Descripción Geomorfológica local***

La totalidad del AP se ubica dentro de una unidad de pendiente plana con menos del 1% de inclinación en dirección sur hacia el valle del río Bermúdez. La superficie en general es plana como se aprecia en las fotos. Las características del AP son favorables para la construcción de obras como las que se proyectan, se estima que no se requiere de conformación de taludes y el movimiento de suelos para acondicionar la superficie en las áreas de construcción es bajo. La fotografía 1 es una vista del AP y la unidad de pendiente predominante. Al Sur en el AID cruza el río Bermúdez, el cual no representa una amenaza directa al sitio del proyecto. Lo anterior según la información verificada en el Mapa de Heredia de la CNE. Se presentan posibles amenazas de inundación, de este cauce, aguas abajo en otros sectores de la cuenca. En la visita realizada a la finca se no observaron indicios de erosión fluvial. No hay evidencias de deslizamientos o hundimientos, en el estudio de suelos no se reportan suelos con características expandibles o colapsables, tampoco con potencial de licuefacción.



**Fotografía 1. Vista general del AP y la pendiente plana que predomina.**



### **2.1.8 Síntesis de Resultados y conclusiones geológicas**

En la zona donde se ubica el proyecto y en general en los alrededores de Lagunilla al sur del centro de Heredia, la mayor influencia proviene del volcán Barva y la Formación Tiribí. Las unidades superiores del AP están conformadas principalmente por depósitos de cenizas, ya alteradas a suelos, que cubren depósitos de ignimbritas espesos. La Formación Colima conforma el basamento de la secuencia volcánica, sobreyacida por la Formación Tiribí y los depósitos de ignimbritas potentes y finalmente la Formación Barva con los materiales volcánicos del Barva que han rellenado la parte norte de Heredia y conforman el edificio volcánico. La unidad geológica superior constituye materiales piroclásticos de caída, que han sido alteradas por efectos de la meteorización, se presentan de color café oscuro a rojizo fuerte, de grano fino a grueso y poco consolidadas. Los mejores afloramientos de la Formación Tiribí se observan en el cauce del río Bermúdez al norte del AID. A nivel local en la finca del AP no se observaron fallas geológicas locales que limiten o afecten las unidades geológicas superficiales. Tampoco se observó ninguna tendencia estructural en las rocas, debido principalmente a la mala calidad de las rocas alteradas y a los depósitos de ignimbritas no afectados por procesos tectónicos, además dada las características de la topografía del sitio, no hay evidencia de estructuras geológicas relevantes. La capa 1 es un limo con contenido vegetal de color negro; la capa 2 es arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH); la capa 3 es arcilla arenosa de media plasticidad, de color café (CL) y la capa 4 es arcilla limosa de mediana plasticidad de color café (CL) hasta los 7,20m de profundidad. En ninguna de las perforaciones se encontró nivel freático. Las formas del terreno en la zona del AP deben su origen a los eventos volcánicos que depositaron los materiales piroclásticos, en especial las ignimbritas inferiores, dejando superficies de formas onduladas y topografía suave. La totalidad del AP se ubica dentro de una unidad de pendiente plana con menos del 1% de inclinación en dirección sur hacia el valle del río Bermúdez. Al Sur en el AID cruza el río Bermúdez, el cual no representa una amenaza directa al sitio del proyecto. En la visita realizada a la finca se no observaron indicios de erosión fluvial

### **2.1.9 Discusión sobre limitantes de incertidumbre y alcance del estudio**

El alcance del estudio de geología está dado por las observaciones de campo principalmente, así como por la información bibliográfica obtenida de la zona, de esta forma se cumple el principal objetivo que define la geoaptitud favorable del proyecto. Los resultados son, por lo tanto, aplicados al proyecto, el cual se concluye que es viable desde el punto de vista de la geología del terreno.



### 2.1.10 Referencias Bibliográficas

- ALVARADO, G.E., 1993: Vulcanology and petrology of Irazú volcano, Costa Rica. -261 págs. Univ. de Kiel, Alemania [Tesis Doctorado]
- ALVARADO, G.E., PÉREZ, W. & SIGARÁN C., 2000: Vigilancia y peligro volcánico. -En: DENYER, P. & KUSSMAUL, S. (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. – págs 251-272.
- DENYER, P., MONTERO, W. & ALVARADO, G.E., 2003: Atlas tectónico de Costa Rica. –1 ed. –Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, C.R. –79 págs
- FERNÁNDEZ, M. & ROJAS W., 2000: Amenaza Sísmica y por Tsunamis. -En: DENYER, P. & KUSSMAUL, S. (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. –págs 287-301
- MONTERO, W., 2001: Neotectónica de la región central de Costa Rica: frontera oeste de la Microplaca de Panamá. -Rev. Geol. de Amér. Central, 24: 29-56
- PANIAGUA, S., 1993: Mapa de amenaza volcánica de la Gran Área Metropolitana, escala 1:200 000. En: DENYER, P. & KUSSMAUL, S. (Comp): Atlas geológico del Gran Área Metropolitana. Editorial tecnológica de Costa Rica, Cartago
- PERALDO, G. & MONTERO, W., 1999: Sismología histórica de América Central. -347 págs. IPGH, México.
- DENYER, P. & ARIAS, O., 1991: Estratigrafía de la Región Central de Costa Rica - Rev. Geól. América Central (12): 1-59pp

## **2.2 PROTOCOLO PARA LA HIDROGEOLOGÍA AMBIENTAL DE LA FINCA**

### **PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS**

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

**2014**

### **2.2.2 DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL**

El suscrito Mauricio Vásquez Fernández, Bachiller en Geología de la Universidad de Costa Rica y Master en Hidrogeología y Manejo de Recursos Hídricos de la Universidad de Costa Rica, incorporado al Colegio de Geólogos de Costa Rica, con el código 287 y consultor asociado a SETENA con el código 82-2004, manifiesta el conocimiento y aceptación de las condiciones y requisitos establecidos en el punto 9, "Responsabilidad profesional por la información aportada", del anexo 6 del "Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental", Parte II, publicado en el Alcance N° 43 de la Gaceta N° 223 del 18 de noviembre del 2005 y por lo tanto es responsable de los contenidos y alcances del informe técnico de geología básica, elaborado como parte del Documento de Evaluación Ambiental D1 para el **PROYECTO CONSTRUCCION MOVIMIENTO HUMANO Y TERÁPIAS COMPLEMENTARIAS**, sita en el Campus Regional de la Universidad Nacional en Heredia, Heredia, Ulloa.

**FIRMADO ORIGINAL**

---

Mauricio Vargas Fernández

**2.2.3. Contenido**

2.2.2 RESPONSABILIDAD PROFESIONAL .....	1
2.2.3. TABLA DE CONTENIDO .....	2
2.2.4 RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	3
2.2.5 INTRODUCCIÓN .....	4
2.2.6 DATOS HIDROGEOLÓGICOS DEL ENTORNO .....	5
2.2.7 CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS LOCALES Y CARACTERIZACIÓN BÁSICA DEL ACUÍFERO SUBYACENTE .....	16
2.2.8 SÍNTESIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES TÉCNICAS.....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.7</b>
2.2.9 DISCUSIÓN SOBRE LIMITANTES DEL INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL ESTUDIO	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
2.2.10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>

#### **2.2.4 Resumen de Resultados y Conclusiones**

En el AP se encuentran los acuíferos Colima Inferior y Superior a una profundidad de 80m y está confinado. En los alrededores del AP no se encontraron evidencias de manantiales. Según el análisis realizado la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del acuífero originado en el subsuelo del AP que sería el Colima Superior, se clasifica como despreciable.

## **2.2.5 Introducción**

### *Datos generales sobre el proyecto*

El proyecto Movimiento Humano y Terápias Complementarias Campus Benjamín Nuñez, se ubica en la provincia de Heredia. La entrada a la propiedad se ubica sobre la propiedad calle principal de acceso a la ciudad de Heredia. El tamaño de las obras a realizar es de 1500 m<sup>2</sup> y el tamaño de la propiedad es de 27 ha 2730.

### *Coordinación profesional realizada*

Para realizar la caracterización a nivel de Hidrogeología fue necesaria una visita al sitio del proyecto y a las zonas aledañas a él, con esto se pudo reconocer algunas características de la zona. Además de la visita, se realizó una recolección de datos geológicos y de ubicación de pozos, así como mapas hidrogeológicos regionales, con el fin de poder realizar un análisis de las condiciones hidrogeológicas que sea representativa del área en estudio.

### *Objetivo del estudio*

Evaluar las condiciones de geopotencialidad del terreno tomando en cuenta aspectos de hidrogeología ambiental, determinando su vulnerabilidad intrínseca a la contaminación.

### **2.2.6 Datos Hidrogeológicos del entorno**

La zona de Lagunilla y en general en los alrededores de Heredia la hidrogeología está bastante estudiada y las unidades hidrogeológicas han sido definidas mediante estudios hidrogeológicos regionales. A continuación se hace una descripción de las unidades hidrogeológicas más importantes definidas para el AP y AID.

#### **Sistema de acuíferos Colima**

Ha sido estudiado desde la década de los 60's pero no fue hasta principios de los 70's que se empezaron a elaborar estudios más detallados de los acuíferos, el más completo en ese entonces fue el estudio patrocinado por Naciones Unidas y el Programa AQUASUB (ONU, 1975) que incluyó además el análisis de otras áreas como Tempisque, Barranca y Moín-La Bomba. Dentro de ese estudio se contempló la perforación de pozos exploratorios, instalación de estaciones pluviométricas e hidrógrafos en cauces de los ríos principales, por lo que se contaba en ese momento con datos bastante certeros y controlados de los balances hídricos de las cuencas, en especial la del Valle Central y al norte del río Virilla.

Posteriormente en los años 80's aparecen otros trabajos hidrogeológicos como Echandi (1981), BGS-SENARA (1985), Gómez (1987), SENARA (1988) y más recientemente estudios como Ramos (2001) y Ramírez (2007), entre otros. Existen además numerosas tesis de grado y pregrado con temas específicos elaboradas en el Valle Central.

Para el trabajo elaborado por ONU (1975) se le denominada al hoy conocido sistema de Acuíferos Colima como acuífero Puente de Mulas, sin hacer ninguna distinción entre unidades hidrogeológicas. Ese nombre provino posiblemente por la importancia estratégica de dichos manantiales tenían y tienen aún, como fuentes de abastecimiento público para el oeste de San José. La nomenclatura utilizada en la actualidad fue definida por Echandi (1981) y es la misma que se utiliza en el presente informe, donde ya se separan las diferentes unidades hidrogeológicas de la Formación Colima.

La Formación Colima está formada por seis mantos de lavas (ONU, 1975), donde predominan horizontes de brechas, escorias y zonas de fracturación por enfriamiento, que representan una valiosa porosidad efectiva de tipo secundaria, que permite una rápida recepción y recirculación de agua subterránea. Presenta además acuíferos en la base de la formación y acuitados entre los mantos de lavas que ayudan a regular la recarga por infiltración y percolación. Lo anterior también es mencionado por SENARA (1988) al indicar que las coladas de lava presentan cambios bruscos en cuanto al espesor y distribución espacial y que las capas de tobas e ignimbritas intercaladas entre las diversas coladas de lava, se comportan como acuitados y acuíclados.

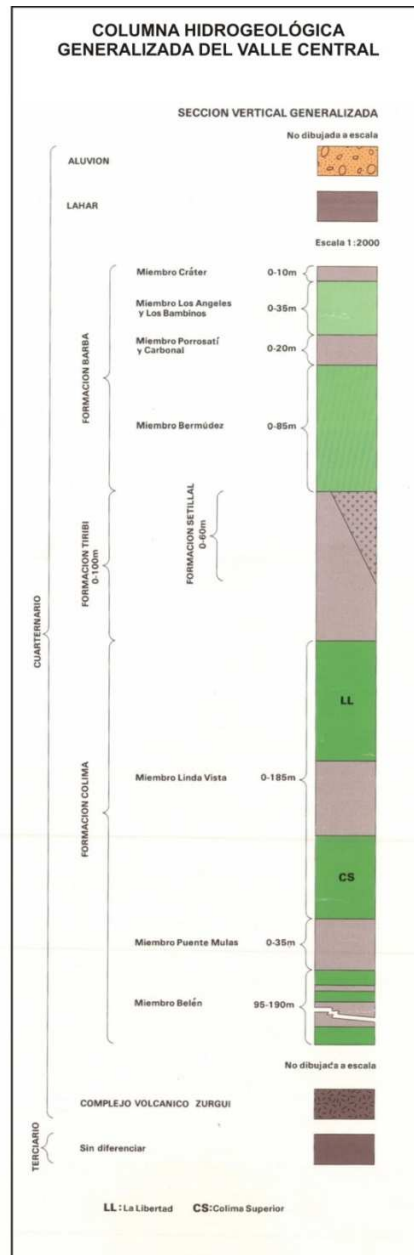
Los principales manantiales se encuentran a lo largo del cañón del río Virilla, de este a oeste en la dirección del río se conocen como La Libertad, Puente de Mulas, Potrerillos y Guachipelín. Aforos diferenciales elaborados entre La Libertad y El Penal, tramo que prácticamente incluiría todos los manantiales mencionados, resultan en un incremento de 4500 L/s en el caudal del río Virilla (ONU, 1975). Esos datos en la actualidad no se tienen contabilizados y se desconoce si ese valor de descarga se mantiene o efectivamente ha disminuido por el aumento en la explotación del sistema acuífero en los últimos años.

Según ONU (1975) la capacidad de almacenamiento del sistema de acuíferos Colima sobrepasa la recarga, que en aquel entonces se estimó en 600 millones de metros cúbicos (MMC) anuales; el cambio de almacenamiento fue estimado en 26 MMC al año y los niveles en los pozos fluctúan entre 4 y 5m.

Otro estudio considerado también como de los más completos fue elaborado por BGS-SENARA (1985) y culminado por SENARA (1988) en donde se realiza inclusive un modelo matemático preliminar del sistema acuífero y se termina de definir la hidrogeología de la parte norte del río Virilla.

El sistema acuífero Colima se compone de al menos 3 unidades acuíferas y una unidad de acuitardo como se describe a continuación y en forma ascendente. La figura 2.3 es una columna de la estratigrafía hidrogeológica generalizada del Valle Central, elaborada por BGS-SENARA (1985).





**Figura 2.3.** Columna geológica e hidrogeológica generalizada del Valle Central. Tomada de SENARA (1988). Con las últimas dataciones radiométricas la base de la columna puede haber variado.

### **Acuífero Colima Inferior (Miembro Belén)**

Los acuíferos se originan en los horizontes de lavas superiores donde se presentan mayormente brechosos y fracturados. Este acuífero es captado por pozos en los sectores de Potrerillos, La Guácima y en San Antonio de Belén. Uno de los principales manantiales que origina se conoce como Potrerillos. Echandi (1981) indica que puede llegar a tener transmisividades de hasta 16 000 m<sup>2</sup>/día y que algunas de las coladas de este miembro pueden llegar a ser impermeables. Los límites de este acuífero no están bien identificados aún.

Su espesor es muy variable desde 22m hasta 73m (Gómez, 1987) y entre 95 y 190 m (BGS-SENARA, 1985). Por lo general este acuífero se presenta confinado, a diferencia de los sobreyacentes Colima Superior y Barba. Las oscilaciones en este acuífero oscilan entre 2 y 3 m anuales, la transmisividad se ha calculado en 4 500 m<sup>2</sup>/día y el coeficiente de almacenamiento es de 1,5 x10<sup>-3</sup> hasta 0,1 dependiendo del área (Gómez, 1987).

### **Acuitardo Puente de Mulas (Miembro Puente de Mulas)**

Se cataloga como un acucierre debido al alto grado de arcillicificación que presenta en la parte superior. Echandi (1981) indica que el diaclasado que presenta le da una cierta permeabilidad secundaria, por donde el agua tiende a percolarse hacia los acuíferos inferiores, por flujo vertical. Este acuitardo se interpreta que está formado por capas de tobas e ignimbritas y se describe en la mayoría de los pozos profundos intercalado entre capas de lavas de los miembros supra e infrayacente.

### **Acuífero Colima Superior (Miembro Linda Vista)**

Son coladas de lava fluidas y que además presentan un carácter bastante brechoso, donde se origina uno de los acuíferos más importantes denominado el Colima Superior, es captado por centenas de pozos a lo largo de las ciudades entre Santo Domingo hasta Belén y Alajuela hasta el área metropolitana de San José (por debajo de las unidades de lahares y lavina subyaciendo al acuífero Metropolitano).

El manantial de Puente de Mulas se ha considerado como la descarga más importante de este acuífero, ya que en esa zona se encuentra el límite lateral de las lavas que lo contienen (Gómez, 1986). En estos manantiales se estimaba un caudal de descarga equivalente a 455 L/s (ONU, 1975). Echandi (1981) indica que este acuífero presenta transmisividades de hasta 20 000 m<sup>2</sup>/día. Por su parte, Gómez (1987) indica que la permeabilidad de este acuífero es de 214 m/día con transmisividades de 5 000 m<sup>2</sup>/día y un coeficiente de almacenamiento de 0,1 que lo catalogaría como un acuífero libre. Su espesor se ha identificado hasta en 185m según BGS-SENARA (1985), siendo inclusive de 0 en algunos sectores donde solo aparece el acuífero Colima Inferior.

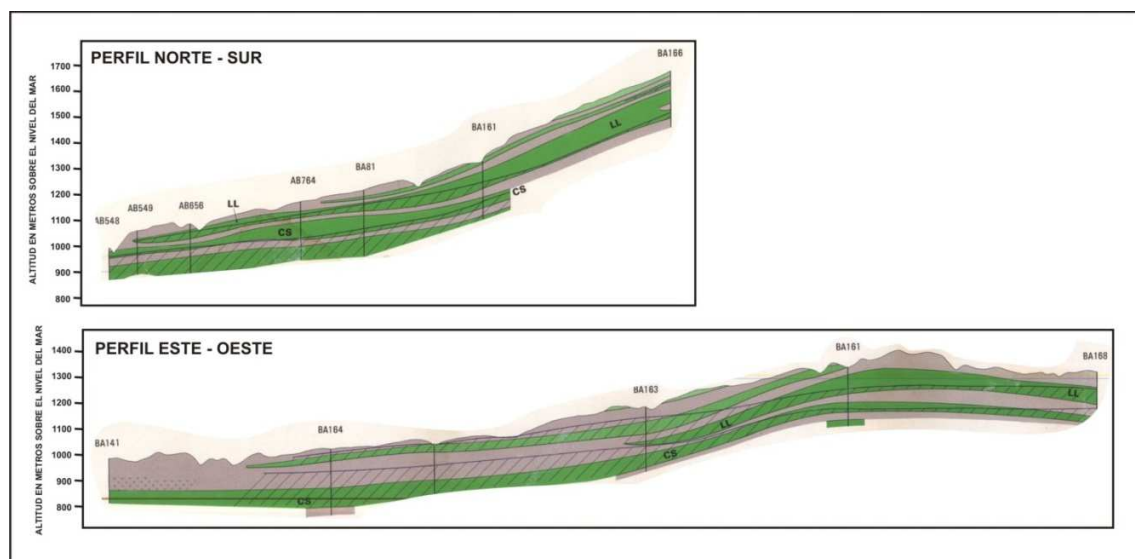
### **Acuífero La Libertad (Miembro Linda Vista)**

Está separado del acuífero Colima Superior por una capa de tobas. Es considerado por muchos autores como un acuífero colgado y generalmente se ubica hacia al sector sureste de Heredia y

Santo Domingo. SENARA (1988) menciona que los límites del acuífero y las lavas de La Libertad son inciertos, tienen un espesor conocido de 110m que termina en los alrededores del Campo de Pozos de La Valencia al sur de Heredia centro, aparentemente fluyó del este o del noreste. La importancia de este acuífero es menor comparado con el acuífero Colima Superior.

### Perfiles hidrogeológicos regionales del Sistema Acuífero Colima

Para tener una idea de la secuencia en las unidades hidrogeológicas se recurre a la información de perfiles hidrogeológicos elaborados por BGS-SENARA (1985) de la figura 2. En el perfil Norte-Sur se observa el acuífero Barba coronando la secuencia y sobre el acuífero La Libertad, que se indica como acuífero libre y con un espesor sumamente bajo hacia la parte derecha del perfil, que sería hacia el sector de San Rafael de Heredia. Es hacia la parte central del perfil, que coincide con la zona de Heredia y Santo Domingo, que se observa el acuífero Colima Superior, también en condición de no confinado y separado por una capa de tobas o ignimbritas (acuitardo).



**Figura 2.4.** Perfiles hidrogeológicos en dos direcciones y generalizados para el Valle Central, tomadas de BGS-SENARA (1985).

En un perfil Este-Oeste se observa el acuífero Barba con un mayor espesor hacia lo que sería el sector de Barba y San Joaquín y se adelgaza hacia el sector noreste de Alajuela. El acuífero Colima Superior por su parte es grueso hacia la parte central que coincide con el sector de San Joaquín y continua así hasta la zona oeste de Alajuela, sin embargo se desconoce su existencia hacia la zona de El Coyol, o al menos no hay correlación de acuerdo con la información de BGS-SENARA (1985) en aquel entonces. El acuífero Colima Superior aparentemente es muy delgado hacia el sector este (derecha del perfil) al sur de San Isidro de Heredia.

SENARA (1988) elabora todo un apartado sobre las principales características hidrogeológicas del Sistema Acuífero Colima, ya que fueron necesarios para la elaboración del modelo matemático preliminar que se desarrolló en aquel momento.

La recarga de los acuíferos Colima ocurre mayoritariamente por percolación desde los material sobreyacientes, que proviene de infiltración de lluvia y de lechos de ríos. La descarga de estos acuíferos se produce por manantiales e infiltración hacia el lecho del río Virilla. Mediciones del flujo base de este río indican que la descarga ronda los 8700 L/s (SENARA, 1988). El mismo estudio menciona que las descargas del sistema acuífero Colima es medible en el cañón del río Virilla mediante aforos diferenciales, se desconoce si a la fecha existen datos más actualizados.

En cuanto a los niveles equipotenciales de los acuífero Colima Superior e Inferior, se dice que en las partes bajas del valle cerca del río Virilla, los niveles tienden a ser muy similares. Esa condición se observa en los números perfiles hidrogeológicos mostrados en el informe de SENARA (1988).

En el caso de Colima Superior se considera como no confinado en la mayor parte del área, y se presenta confinado donde las lavas se adelgazan hacia el noroeste de Heredia (SENARA, 1988). En el acuífero Colima Inferior se definieron al menos dos niveles equipotenciales.

Los parámetros hidrogeológicos se definieron para ambos acuíferos Superior e Inferior con base en ensayos realizados en perforaciones. La roca dentro de las secuencias de lavas puede variar desde altamente brechosa a masiva, con fracturas angostas y escasas. Se han determinado que las porosidades en estratos brechosos pueden llegar al 55%, las lavas masivas presentan porosidad de menos de 20% y por lo general de menos del 10% y la conductividad muy baja (SENARA, 1988).

Los coeficientes de almacenamiento de los acuíferos se definen para el Colima Superior en  $5 \times 10^{-3}$  a  $5 \times 10^{-1}$  y en algunas zonas pueden presentar valores más altos, se cataloga como un acuífero libre hasta semiconfinado. En el caso del Colima Inferior los valores estimados son de  $5 \times 10^{-3}$  a  $5 \times 10^{-4}$  y característicos para un acuífero confinado y localmente puede presentar valores mayores.

Los mecanismos de recarga de los acuíferos Colima están controlados por varios factores. Las brechas en las lavas son altamente permeables y las tobas que las cubren por lo general muestran buena capacidad de infiltración, que puede llegar a los 50 mm/día, los valores rondan entre los  $10^1$  y  $10^3$  cm/min de infiltración potencial (SENARA, 1988).

Se menciona en varios estudios que los cauces de los ríos pueden presentar buena permeabilidad y eso puede colaborar en gran medida a la recarga de los acuíferos, cuando los niveles del agua subterránea están por debajo del lecho del río. Es de suma importancia conocer los regímenes de recarga de los acuíferos sobre yacientes para entender la recarga al sistema Colima, en especial cuando no está cubierto solamente por capas de tobas, donde es más sencillo estimar la recarga.

En el estudio de SENARA (1988) se tenía contabilizado que en los acuíferos Colima el flujo anual rondaba los 5500 l/s; para entonces las extracciones eran del orden de 2000 L/s, de los cuales 1000 L/s se extraían del Campo de Pozos de La Valencia, 650 L/s de los Manantiales Puente Mulas, 250 L/s de Potrerillos y alrededor de 200 L/s de fuentes privadas.

Algunas limitantes en cuanto a las captaciones en los acuíferos Colima dadas por SENARA (1988) son: el acuífero Colima Superior contiene una considerable cantidad de agua, pero el espesor generalmente delgado del acuífero y la alta transmisividad concentrada en poco horizontes de lava, hace que sean difíciles las captaciones mediante pozos. En cuanto al Colima Inferior se sabe que comprende más de una colada de lava por lo que los pozos deben ser profundos para

pretender buenas producciones, sus niveles usualmente se ubican a más de 150m de profundidad; los abatimientos de los pozos están fuertemente influenciados por los armados de los pozos.

#### Acuitardo de la Formación Tiribí

Esta formación presenta condiciones texturales muy heterogéneas, ya que son comunes los horizontes de tobas soldadas e ignimbritas. En ocasiones las fracturas permiten la transmisión de agua hasta el acuífero subyacente, que puede ser el Colima Superior en la zona Santo Domingo hasta Belén o el Colima Inferior en la zona de Potrerillos, La Guácima y Nuestro Amo.

ONU (1975) indica que el sistema de grietas puede encontrar capas impermeables en la base y originar manantiales. En términos generales se considera como acuitardo, sin embargo algunas de las facies como el Miembro La Caja y Nuestro Amo se consideran más bien como acuicierres, por su baja permeabilidad y predominancia de materiales arcillosos.

Echandi (1981) menciona que los materiales del Miembro Nuestro Amo son casi impermeables y constituyen un acuicierre para los acuíferos superiores, donde está sobre yacido por ignimbritas y lavas de la Formación Barba. El Miembro La Electriona presenta un buen diaclasamiento por disyunción prismática, pero tienden a ceder agua hacia acuíferos inferiores y por lo tanto son importantes en la recarga de los acuíferos subyacentes; en el caso de estar subyacidas por capas impermeables puede presentar condiciones favorables como acuífero y manantiales de hasta 25 L/s. Finalmente el Miembro La Caja, presenta materiales de muy baja permeabilidad que permiten la recarga lenta de agua hacia acuíferos inferiores.

SENARA (1988) menciona que las tobas de Tiribí tienen conductividad hidráulica suficiente para permitir una infiltración casi sin restricciones de lluvia, presenta porosidades del orden de 50% al 60% con capacidad de almacenamiento considerable y un amplio rango de tamaños de poros que favorece el drenaje por gravedad.

#### Hidrogeología del sistema de acuíferos Barba

La Formación Barba que se extiende en el flanco sur del volcán Barva alberga un sistema de acuíferos conformado por al menos dos unidades hidrogeológicas, el acuífero Barba Inferior y el acuífero Barba Superior; ambos de tipo acuífero volcánico fisurado y desarrollado en lavas y brechas lávicas.

Ha sido estudiado por varios autores como ONU (1975), Echandi (1981), BGS-SENARA (1985), SENARA (1988) y más recientemente por Arredondo & Soto (2006).

La Formación Barba incluye horizontes de lava escoriácea, tobas e ignimbritas, lavas fracturadas y brechosas que constituyen los acuíferos fisurados. Los mantos de cenizas que subyacen a esta unidad, así como los que están interdigitados entre las coladas de lava, retardan la infiltración de agua de lluvia. A lo largo de los cauces de los ríos más importantes como el Ciruelas, Segundo, Porrosatí, Turales y Bermúdez, que han cortado las unidades de piroclastos e inclusive las unidades de lavas y brechas, han interceptado el flujo subterráneo y ocasionado numerosos manantiales a lo largo de los valles fluviales.

Este acuífero está influenciado directamente por la infiltración del agua de lluvia, presenta fluctuaciones de niveles de hasta 7m, lo que implica cambios de almacenamiento del orden de los 35 MMC al año (ONU, 1975).

### Acuíferos Barba Inferior (Miembro Bermúdez)

ONU (1975) se refería al acuífero Ojo de Agua a lo que ahora está definido como acuífero Barba Inferior, el cual se desarrolla en las escorias, lavas fracturadas, tobas e ignimbritas de la Formación Barva, específicamente de su Miembro Bermúdez, con una extensión de unos 50 km<sup>2</sup> (actualmente se sabe que es mayor), con límite al norte y noreste cerca de Santa Bárbara y Barva; al oeste de Heredia hasta la quebrada Guaria y al sur con el río Bermúdez, pasando por San Antonio y Ojo de Agua.

La base del acuífero hacia la ciudad de Heredia lo forman cenizas interlavicas calcinadas, en tanto que hacia el río Virilla descansa sobre tobas del Miembro La Caja de la Formación Tiribí. Hacia el oeste y noreste el cierre inferior del acuífero lo constituye las tobas caóticas de las facies de Nuestro Amo. Las condiciones de permeabilidad de las rocas de la Formación Barba están limitadas a cavidades, túneles y sistemas de fracturas, es común encontrar pozos secos aún cerca de manantiales de este acuífero.

Los parámetros hidrogeológicos del acuífero Barba Inferior fueron definidos por Gómez (1987) quien calcula la transmisividad en 400 m<sup>2</sup>/día con un coeficiente de almacenamiento de 0,10; indica que para la zona de Belén las fluctuaciones en el acuífero Barba oscilan entre 15 y 32m, es afectado fuertemente por las condiciones climáticas anuales, cosa que no se nota en los acuíferos más profundos de Colima. ONU (1975) determina por su parte una transmisividad de 1000 m<sup>2</sup>/día para este acuífero y un gradiente hidráulico de 2% en dirección suroeste.

En la mayoría de los ríos del piemonte del flanco sur del volcán, es posible apreciar las lavas blocosas y brechosas aflorando, correspondientes al Miembro Bermúdez donde se desarrolla el acuífero Barba Inferior. Los mantos de lava están inclinados en dirección sureste y su espesor varía hasta en un máximo de 95m (SENARA, 1988).

### Pozos perforados

El Área de Aguas Subterráneas del SENARA posee una base de datos de pozos perforados, en la cual se procedió a revisar la información disponible en un radio de 2000 metros con respecto al AP; la principal información se muestra en el siguiente cuadro.

**CUADRO 2.1**  
**POZOS SELECCIONADOS CON RESPECTO AL AP Y EL AID**

No. pozo	X	Y	Propietario
AB-1026	521210	216900	AYA
AB-1035	521630	218800	AyA
AB-1117	522570	216130	I.N.A.
AB-1118	521650	216350	I.N.A.
AB-1152	521150	216700	AyA
AB-1442	520700	217950	EMBOTELL. CENTROAMERICANA
AB-1443	520875	217950	EMBOTELL. CENTROAMERICANA
AB-1546	523603	218207	ESPH
AB-1670	522808	216883	ESPH

<b>AB-1892</b>	524100	217300	FLORIDA PRODUCTS
<b>AB-1963</b>	522700	216300	C.C.S.S.
<b>AB-1979</b>	521120	216250	ZONA INDUSTRIAL DEL OESTE S.A.
<b>AB-2124</b>	520660	218250	TRIMPOT ELECTRONICA SA
<b>AB-2220</b>	521250	216250	RECICLABLES PRO-AMBIENTE S.A.
<b>AB-2276</b>	522910	219250	C.C.S.S.HOSPITAL DE HEREDIA
<b>AB-2281</b>	520950	216140	RECICLABLES PRO AMBIENTE S.A.
<b>AB-2337</b>	522648	216427	INVERSIONES INTERCENTROAMERICANAS, S.A.
<b>AB-338</b>	521100	217450	ROHRMOSER
<b>AB-371</b>	520410	217570	ROHRMOSER
<b>AB-469</b>	523950	217360	SENARA AQUASUB
<b>AB-470</b>	521300	217700	CIA. CAFET. TOURNON
<b>AB-478</b>	523069	218412	ESPH
<b>AB-485</b>	521400	216800	C. CASTELLA
<b>AB-520</b>	520689	217387	ESPH
<b>AB-574</b>	523600	216700	AYA
<b>AB-577</b>	524100	217620	AYA
<b>AB-595</b>	524100	216900	PROYECTO ETAPA II
<b>AB-641</b>	521800	216350	HOSPITAL DE NIÑOS
<b>AB-644</b>	523960	217400	AYA .
<b>AB-658</b>	522940	217530	AYA
<b>AB-659</b>	522480	216860	AYA
<b>AB-763</b>	522200	217300	UNIVERSIDAD NACIONAL
<b>AB-993</b>	523750	217800	AYA
<b>ILG-179</b>	521030	217050	IMPORTADORA FRANCO-COSTARRICEN
<b>AB-2514</b>	521600	218245	ESPH (Emp. Serv. Públic. Heredia)
<b>INV-76</b>	522500	215800	Asociacion Pro-hospital Nacional De Niños (parque De Diversiones)
<b>INV-341</b>	523950	217360	AyA
<b>INV-342</b>	523950	217360	Aquasub

#### Vulnerabilidad a la contaminación

Para el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero Colima Superior conformado en las rocas del subsuelo del AP y el AID, se usará el Método "G.O.D". (Por sus iniciales en inglés), el cual considera dos factores básicos:

- El grado de inaccesibilidad hidráulica de la zona saturada
- La capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero. (Foster, et al, 2002).

El índice de vulnerabilidad G.O.D. caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de los parámetros:

- Grado de confinamiento hidráulico
- Ocurrencia del sustrato suprayacente
- Distancia al nivel freático.

La ocurrencia del sustrato (O) se determinó con base en las litologías descritas en los mapas geológicos y los pozos perforados en el AID; para el proyecto los valores asignados los encontramos en el cuadro 2.2.

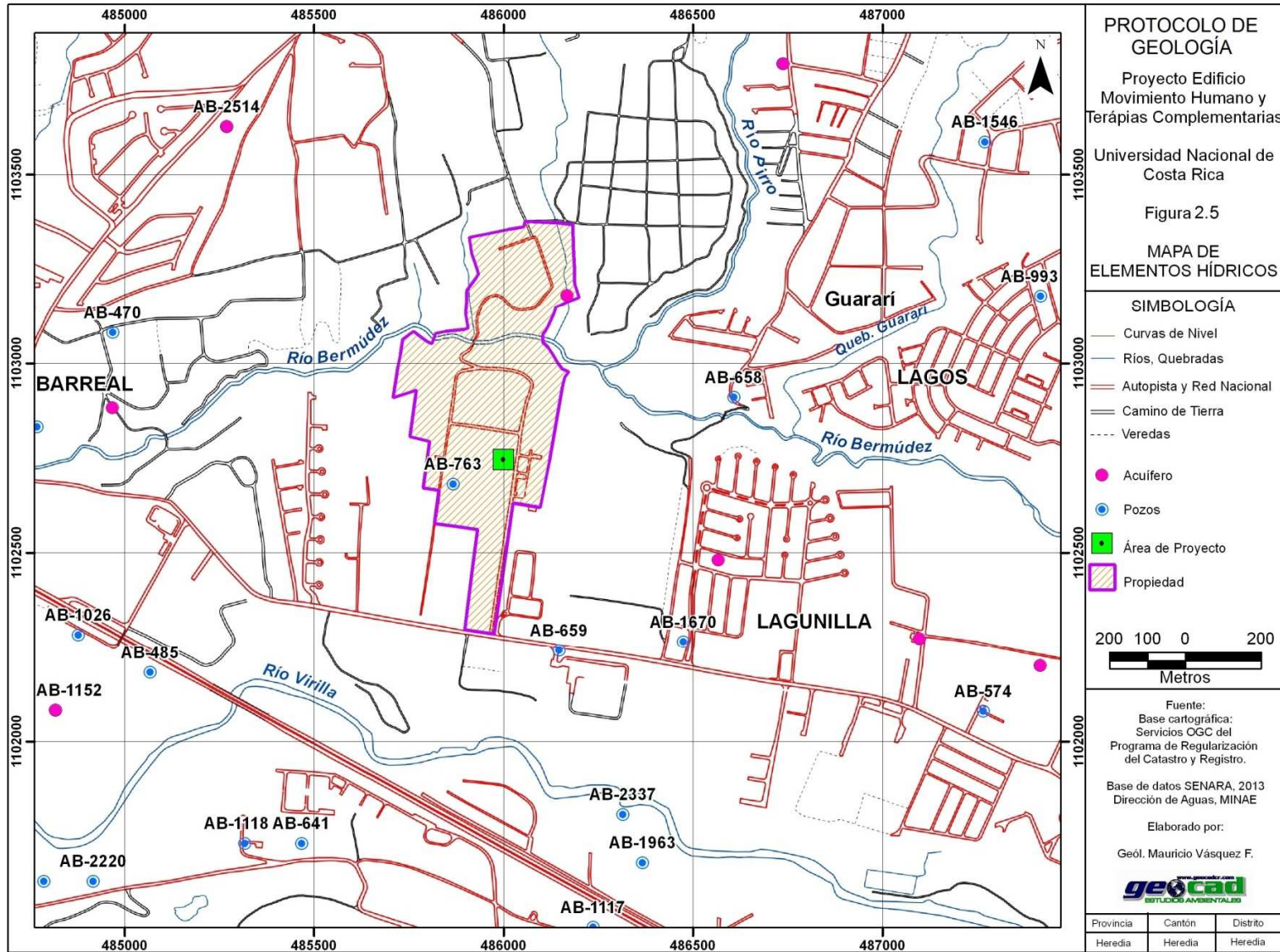
**CUADRO 2.2**  
APLICACIÓN DEL MÉTODO “G.O.D”. EN EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD  
A LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN EL ÁREA DEL PROYECTO

PARÁMETRO	CLASIFICACIÓN	VALOR
Grado de confinamiento hidráulico	Confinado	0.20
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Tobas volcánicas	0.60
Distancia al nivel del agua subterránea	> 50 metros	0.60
Valor del índice de vulnerabilidad	G x O x D	0.07
<b>Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero</b>		<b>Despreciable</b>

Según el análisis realizado la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del acuífero originado en el subsuelo del AP que sería el Colima Superior, se clasifica como despreciable, debido principalmente a la cobertura en la zona no saturada y la profundidad del agua subterránea.

Con proyecto o sin proyecto la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el AP se considera despreciable, ya que no se contemplan excavaciones muy profundas como para pensar en que ocurra una alteración o modificación de las capas que cubren el acuífero Colima Superior, ubicado a más de 80m.





### **2.2.7 Condiciones Hidrogeológicas Locales y caracterización básica del acuífero subyacente**

El acuífero Colima Superior es el que se ubica por debajo del AP. Presenta niveles en los pozos a profundidades de unos 80m. Se entiende que dicho nivel pertenece al acuífero que está ubicado por debajo del espesor de tobas e ignimbritas de la Formación Tiribí y por ende está confinado. La recarga del acuífero principal en el AP, en este caso el Colima Superior, ocurre en las zonas altas de la Cordillera Volcánica Central al noreste de San José. La dirección de flujo es en sentido oeste - suroeste y la descarga probablemente ocurra en el río Virilla hacia el suroeste de Cariari y Belén.

En los alrededores del AP no se encontraron evidencias de manantiales, sin embargo ante la presencia de algún punto de afloramiento de agua se debe realizar un análisis detallado e informar al hidrogeólogo, así como solicitar el pronunciamiento de la Dirección de Aguas del MINAE. En el sitio afloran las unidades de tobas que son de alta porosidad y pueden absorber agua por infiltración. En las partes bajas pueden originar brotes de agua durante los meses lluviosos. Lo anterior no debe considerarse como nacientes, ya que el acuífero como tal en el AP se ubica a una profundidad de más de 80m y se asocia al Colima Superior. La anterior condición no se observó en el AP.

### **2.2.8 Síntesis de resultados y conclusiones técnicas**

El acuífero Colima Superior es el que se ubica por debajo del AP. Presenta niveles en los pozos a profundidades de unos 80m y está ubicado por debajo del espesor de tobas e ignimbritas de la Formación Tiribí y por ende está confinado. En los alrededores del AP no se encontraron evidencias de manantiales, ya que el acuífero como tal en el AP se ubica a una profundidad de más de 80m y se asocia al Colima Superior. La vulnerabilidad a la contaminación del Acuífero Colima Superior es despreciable en el AP debido al espesor de rocas de baja permeabilidad que cubren el acuífero y a la profundidad a la que se encuentra. Se concluye que la amenaza que representa el proyecto hacia la contaminación de las aguas subterráneas es muy baja o despreciable.

### **2.2.9 Discusión sobre limitantes la incertidumbre y alcance del estudio**

El principal alcance de este estudio es la conceptualización preliminar de un modelo hidrogeológico local del AP el cual ha sido basado en los datos de geología, hidrogeología regional y geomorfología local. No se consideran incertidumbres en este apartado.

### **2.2.10 Referencias Bibliográficas**

BGS - SENARA, 1985: Mapa Hidrogeológico del Valle Central de Costa Rica, escala 1:50000.

Denyer, P. & Arias, O., 1991: Estratigrafía de la Región Central de Costa Rica - Rev. Geól. América Central (12): 1-59pp

Arredondo, S., 1994: Aguas subterráneas y fuentes termales - en Denyer, P. & Kussmaul, S. (compiladores), 1994: Atlas Geológico de la Gran Área Metropolitana, Costa Rica - Edit. Tecnológica de Costa Rica: 197-210

## ***2.3 PROTOCOLO PARA LA CONDICIÓN DE AMENAZAS/ RIESGOS NATURALES DEL AP***

### ***PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS***

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

***2014***

### 2.3.2 Documento de responsabilidad profesional

El suscrito Mauricio Vásquez Fernández, Bachiller en Geología de la Universidad de Costa Rica y Master en Hidrogeología y Manejo de Recursos Hídricos de la Universidad de Costa Rica, incorporado al Colegio de Geólogos de Costa Rica, con el código 287 y consultor asociado a SETENA con el código 82-2004, manifiesta el conocimiento y aceptación de las condiciones y requisitos establecidos en el punto 9, "Responsabilidad profesional por la información aportada", del anexo 6 del "Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental", Parte II, publicado en el Alcance N° 43 de la Gaceta N° 223 del 18 de noviembre del 2005 y por lo tanto es responsable de los contenidos y alcances del informe técnico de geología básica, elaborado como parte del Documento de Evaluación Ambiental D1 para el **PROYECTO CONSTRUCCION MOVIMIENTO HUMANO Y TERÁPIAS COMPLEMENTARIAS**, sita en el Campus Regional de la Universidad Nacional en Heredia, Heredia, Ulloa.

**FIRMADO ORIGINAL**

---

Mauricio Vargas Fernández

### **2.3.3. Contenido**

2.3.2 RESPONSABILIDAD PROFESIONAL .....	1
2.3.3. TABLA DE CONTENIDO .....	2
2.3.4 RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....	3
2.3.5 INTRODUCCIÓN .....	4
2.3.6 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA/RIESGO POR FALLAMIENTO GEOLÓGICO, SISMISIDAD Y POTENCIAL DE LICUEFACCIÓN .....	5
2.3.7 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA/RIESGO ESTABILIDAD DE LADERA Y ACTIVIDAD VOLCÁNICA .....	8
2.3.8 SÍNTESIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES TÉCNICAS.....	10
2.3.9 DISCUSIÓN SOBRE LIMITANTES DEL INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL ESTUDIO .....	10
2.3.10 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	11

### **2.3.4 Resumen de Resultados y Conclusiones**

Las principales amenazas naturales para el proyecto según la zona morfotectónica en que se suscribe, está la sismicidad por el fallamiento activo en el Valle Central, la actividad volcánica que puede generarse en los volcanes Barva e Irazú y la sismicidad fuera del Valle Central. No hay evidencia de movimientos en masa en el AP o AID. No se observaron indicios de erosión por lo plano del terreno. No se considera la amenaza de inundación como un factor de riesgo. No existe potencial de licuefacción que constituya una amenaza al proyecto. Se concluye que desde el punto de vista geológico y de amenazas naturales, el proyecto es viable en tanto se consideren las características mecánicas del subsuelo y la sismicidad de la zona, con lo cual los edificios deberán considerar los elementos antisísmicos de acuerdo con el Código Sísmico vigente.



### **2.3.5 Introducción**

#### *Datos generales sobre el proyecto*

El proyecto Movimiento Humano y Terápias Complementarias Campus Benjamín Nuñez, se ubica en el Campus de la Universidad Nacional en Lagunilla, cantón central de la provincia de Heredia. El tamaño de las obras a realizar es de 1500 m<sup>2</sup> y el tamaño de la propiedad es de 27 ha 2730 m<sup>2</sup>.

#### *Coordinación profesional realizada*

Para realizar la caracterización a nivel de Amenazas Naturales fue necesaria una visita al sitio del proyecto y a las zonas aledañas a él, con esto se pudo reconocer algunas características de la zona, tales como topografía, características geológicas y unidades geomorfológicas.

#### *Objetivo del estudio*

Establecer si el proyecto, actividad u obra a desarrollar, puede ser realizable bajo las condiciones estructurales, geomecánicas y geotécnicas y establecer las medidas necesarias para disminuir la eventual condición de vulnerabilidad que puede presentar el mismo, analizando además el entorno geotectónico en que se ubica.

### 2.3.6 Evaluación de la amenaza/riesgo por fallamiento geológico, sismicidad y potencial de licuefacción

Las principales amenazas naturales para el proyecto según la zona morfotectónica en que se suscribe, está la sismicidad por el fallamiento activo en el Valle Central, la actividad volcánica que puede generarse en los volcanes Barva e Irazú y la sismicidad que en general puede afectar a todo el resto del territorio y que se genera en la zona de subducción frente a la costa Pacífica y a lo largo del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica.

La figura 2.6 es un mapa que muestra el contexto geotectónico en que se ubica el AP.

#### Amenazas sísmica

Este es quizás el factor de amenaza más importante a tomar en cuenta en el AP y AID y para toda obra de infraestructura en el Valle Central. La sismicidad en el AP y AID está muy vinculada con la presencia de las fallas antes mencionadas y otras que podrían causar efectos en la zona y que están ubicadas en otros bloques tectónicos del país, como es el caso de Puriscal y Pacífico Central por ejemplo. La principal fuente sísmica cortical del Valle Central corresponde con las fallas asociadas al Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica. La zona de subducción constituye una fuente sísmica importante en donde los sismos generados se clasifican como interplaca o intraplaca dependiendo de la ubicación del hipocentro.

A continuación se detalla parte de la sismicidad histórica asociada a las fallas anteriormente señaladas dentro del Valle Central:

**Falla de Alajuela:** se le asocian los sismos destructivos del 15 de febrero de 1772 y del 30 de diciembre de 1888 como el Terremoto de Fraijanes (Peraldo & Montero, 1994) y enjambres de temblores con magnitudes inferiores a 4,0 que ocurren al norte del escarpe, entre los que destaca uno en noviembre de 1989 en el extremo este de la falla (Montero, 2001).

**Falla Picagres:** a ella se le asocian algunos temblores de magnitudes mayores a 4,0, algunos dañinos, que ocurrieron entre mayo y julio de 1990 en el sistema de fallas Picagres - San Antonio. El sismo de mayor magnitud de la secuencia fue el del 30 de junio de ese período (Ms 5,2).

**Sistema de falla Virilla-Belén-Río Segundo:** la falla Virilla se reactivó sísmicamente entre diciembre de 1990 y febrero de 1991, el temblor principal de la secuencia fue el conocido como Piedras Negras o de Alajuela, ocurrido el 22 de diciembre de 1990 (M 5,7). Luego el 16 de febrero de 1991 ocurrió un temblor de magnitud 4,6 que originó daños menores entre los poblados de Desamparados y Río Segundo de Alajuela, al oeste del AP (Montero, 2000).

**Sistema de fallas Escazú-Belo Horizonte-Aserrí-Jericó:** en febrero de 1991 al noroeste de este sistema ocurrió una secuencia de sismos con magnitudes 4,6 y 4,2 que causaron daños locales, el 13 de febrero de 1993 ocurrió otro sismo de magnitud 4,1. Varios sismos superficiales se han ubicado cerca de este sistema de fallas (Montero, 2001).

**Sistema de fallas Agua Caliente-Río Azul-Cipreses:** a la falla Agua Caliente se le asocia el terremoto de Cartago de 1910 (Ms 6,4); otro temblor asociado a estas fallas fue el del 21 de febrero de 1912 que causó daños en Tres Ríos y alrededores; dos enjambres de temblores ocurridos entre el 5 y el 10 de junio de 1994 y entre el 25 de octubre y el 2 de noviembre de 1994 fueron localizados sobre la falla Agua Caliente al sur de San José, el sismo de mayor magnitud de esta secuencia sísmica ocurrió el 28 d octubre de 1994 (Ms 4,2).

En el mapa de distribución de zonas sísmicas en Costa Rica (Fernández & Rojas, 2000) el AP se ubica en la zona 10 llamada Valle Central, donde el número anual de sismos de magnitud M mayor a 4,5 es de 0,1241 con un valor medio probable de máxima magnitud M que podría generar la fuente de 6,5 a una profundidad entre 2 y 15km y la aceleración horizontal máxima 35% de g. Las intensidades máximas sentidas en la zona del AP han sido de VIII (conducción de vehículos difícil, daños de consideración en mampostería, caída de tanques elevados y monumentos, ramas de árboles se caen, grietas en terrenos húmedos y taludes inclinados).

Las unidades geológicas que conforman el AP muestran estabilidad por lo que se esperaría que no ocurrieran afectaciones importantes en los terrenos, la escasa pendiente que caracteriza el área la hace favorable ante la respuesta sísmica al ser poco probable los movimientos en masa del suelo, tales como deslizamientos o desprendimientos de material.

### **Fallas geológicas activas**

Existen numerosas fallas activas en el Valle Central que podrían afectar el proyecto directa o indirectamente, están claramente identificadas en el Mapa Sismológico y Geotectónico de la Gran Área Metropolitana, escala 1:200 000 (Montero, 1993) y en el Atlas Tectónico de Costa Rica, hoja San José, escala 1:600 000 (Denyer et al., 2003).

El Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica es una sistema de fallas corticales que actúa como el límite oeste de la Microplaca de Panamá con la placa del Caribe y atraviesa la región central del país, incluye las fallas ubicadas entre el borde pacífico el este de la fosa Mesoamericana y las de la parte central del arco interno (algunas tratadas posteriormente en este apartado) hasta que el sistema de fallas se une en el caribe con el Cinturón Deformado del Norte de Panamá (Montero, 2001).

En el arco interno donde las fallas son predominantemente inversas de rumbo WNW en el sector norte y en la parte interna del cinturón donde se ubica el Valle Central, son de desplazamiento de rumbo destrales NW y sinestrales ENE a NE.

Se definen como neotectónicas aquellas fallas que ha presentado desplazamiento durante el Cuaternario. Se detalla a continuación las características más relevantes de las fallas catalogadas como neotectónicas cercanas al AP y las cuáles se observan el Mapa Tectónico (figura 2).

### **Falla Alajuela**

Tiene un rumbo oscilante y se extiende por unos 20km. Geomorfológicamente se caracteriza por levantamientos sublineales largos, con escarpes frontales facetados al sur, con uno o dos quiebres de pendientes. La parte trasera presenta contra escarpes de pendiente suave e inclinación al

norte; los levantamientos tienen un relieve entre 50-200 m, un ancho entre 200-400 m, forman un patrón festoneado y su topografía muestra frecuentes saltos en escalera al cruzar los ríos; se asocian con un pliegue relacionado con una falla de propagación inversa que afecta rocas del Cuaternario Tardío y Holoceno (Borgia et. al., 1990).

#### **Falla La Garita**

Esta falla se asocia a un movimiento transpresivo de la falla Tárcoles que se extiende dentro de los Montes del Aguacate mediante una serie de fallas de rumbo cercano al NNE de movimiento oblicuo sinistral normal, donde existen también fallas inversas de rumbo cercano al EW como ocurre en la unión de los ríos Virilla y Grande (Montero, 2001).

Como se dijo este sistema de fallas continua con la Falla La Garita de rumbo NE y termina al norte en la Falla de Alajuela; presenta valles lineales y sillars de falla; corta los depósitos ignimbríticos Cuaternarios de la Formación Tiribí; esta falla es de un movimiento típico sinistral según se observa en la estrías de falla (Montero, 2001), además comprobado por mediciones hechas sobre el trazo de la falla a la altura de la carretera entre La Garita y Atenas luego de Terremoto de Cóbano de 1990.

#### **Falla Jaris**

Es una falla larga de rumbo NW y caracterizada por valles lineales, sillars de falla, relevos distensivos, ríos desplazados y adaptados y un posible valle aluvial desplazado (Palmichal-Tabarcia). Fue observada en un afloramiento cortando depósitos Cuaternarios; algunos eventos de la secuencia sísmica de Puriscal de mayo a diciembre de 1990 se asocian con esta falla (Montero, 2001).

Todas las fallas anteriores se clasifican como activas y han presentado actividad al menos de baja magnitud en el último siglo, como se verá más adelante. En el AP no se observaron evidencias de fallamiento.

#### **Licuefacción, subsidencia y hundimientos**

Por las condiciones geotécnicas detectadas en los suelos del AP no existe potencial de licuefacción que constituya una amenaza al proyecto, los suelos tienen propiedades cohesivas y consistencias duras a rígidas, no existen capas de arenas sueltas ni tampoco niveles freáticos someros para que se dé la condición de licuefacción.

### **2.3.7 Evaluación de la amenaza/riesgo estabilidad de ladera y actividad volcánica**

#### Movimientos de masa

No hay evidencias de movimientos en masa en los alrededores del AP. Por lo plano del terreno no se considera una amenaza los movimientos del terreno.

#### Erosión

En el AP no se observan indicios de erosión. Las aguas de escorrentía o pluviales en el Campus son tratadas mediante sistemas de caños. No hay formación de surcos ni cárcavas de erosión fluvial.

#### Amenaza volcánica

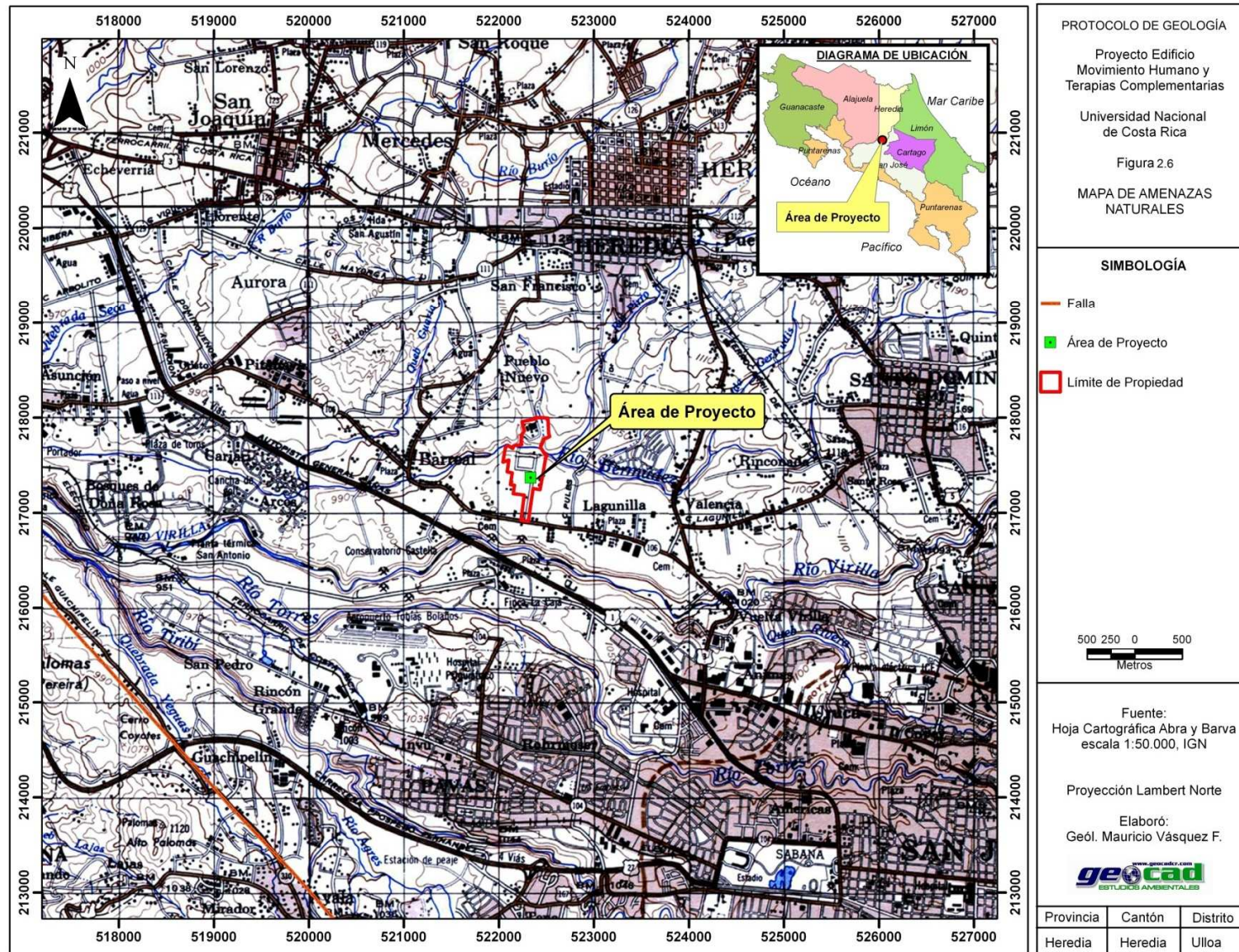
De acuerdo con el mapa de amenaza sísmica del Gran Área Metropolitana (Paniagua, 1993) el AP se ubica en el extremo oeste del óvalo de afectación por caída de cenizas provenientes de la actividad del volcán Irazú.

Las estructuras volcánicas que conforman al Irazú son escudos volcánicos cráteres y conos, tiene una altura máxima de 3432 msnm, ha presentado actividad histórica en los años 1723, 1917-20, 1924, 1928, 1930, 1933, 1939-40, 1962-65 y 1994. El volcán Irazú ha mantenido una actividad constante de tipo solfatárica-fumarólica y rara vez emisiones de vapor, la actividad ha sido principalmente de tipo vulcaniana. La última actividad significativa fue durante 1994 que presentó una pequeña explosión freática que produjo ceniza, bloques, arena y lodo, las partículas más finas se extendieron hasta 22km al oeste del volcán.

Las afectaciones a las obras que se construirán en el AP serán principalmente caída de cenizas, en caso de erupciones tipo plinianas o de ultraplinianas y lluvia ácida favorecida por la dirección de los vientos alisios. Las acumulaciones de cenizas deberán ser removidas a la mayor brevedad para evitar cualquier inconveniente o colapso por acumulación, también obstrucción de las alcantarillas y sistemas pluviales; por otra parte se deben seguir las instrucciones de la Comisión Nacional de Emergencias en caso de alerta o actividad del volcán Irazú.

#### Inundación

No se considera la amenaza de inundación como un factor de riesgo para el AP ya que los terrenos a utilizar están a alturas muy por encima de los tirantes máximos de las crecidas del río Bermúdez y por ende no representa una amenaza de inundación a las futuras obras.



### **2.3.8 Síntesis de resultados y conclusiones técnicas**

Las principales amenazas naturales para el proyecto según la zona morfotectónica en que se suscribe, está la sismicidad por el fallamiento activo en el Valle Central, la actividad volcánica que puede generarse en los volcanes Barva e Irazú y la sismicidad fuera del Valle Central. No hay evidencia de movimientos en masa en el AP. Por lo plano del terreno no se considera una amenaza los movimientos del terreno. En el AP no se observan indicios de erosión. Las aguas de escorrentía o pluviales en el Campus son tratadas mediante sistemas de caños. No hay formación de surcos ni cárcavas de erosión fluvial.

No se considera la amenaza de inundación como un factor de riesgo para el AP ya que los terrenos a utilizar están a alturas muy por encima de los tirantes máximos de las crecidas del río Bermúdez y por ende no representa una amenaza de inundación a las futuras obras.

Se concluye que desde el punto de vista geológico el proyecto es viable en tanto se consideren las características mecánicas del subsuelo y la sismicidad de la zona, con lo cual los edificios deberán considerar los elementos antisísmicos de acuerdo con el Código Sísmico vigente.

### **2.3.9 Discusión sobre limitantes de la incertidumbre y alcance del estudio**

Se considera de incertidumbre los períodos de recurrencia de los sismos de mayor magnitud en el Valle Central, así como la posible afectación que hayan tenido los sismos históricos en la zona del AP y AID.

Los alcances de este apartado están dados por los estudios sismológicos recientes elaborados en el Valle Central y el resto del país, así como por las observaciones de campo que permiten definir la geopotencialidad favorable del terreno a la construcción. Los resultados son aplicables a la hora de diseñar los elementos antisísmicos de las obras con base en los datos de intensidad, magnitud y aceleraciones producidas por sismos anteriores.

Como conclusión general se define que el proyecto de construcción de los edificios es viable desde el punto de vista de las amenazas, los mismos deberán tomar en cuenta los diseños antisísmicos definidos por el Código Sísmicos de Costa Rica para ese tipo de obras en esta zona del país.

### 2.3.10 Referencias Bibliográficas

- ALVARADO, G.E., PÉREZ, W. & SIGARÁN C., 2000: Vigilancia y peligro volcánico. -En: DENYER, P. & KUSSMAUL, S. (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. – págs 251-272.
- DENYER, P., MONTERO, W. & ALVARADO, G.E., 2003: Atlas tectónico de Costa Rica. –1 ed. –Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, C.R. –79 págs
- FERNÁNDEZ, M. & ROJAS W., 2000: Amenaza Sísmica y por Tsunamis. -En: DENYER, P. & KUSSMAUL, S. (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. –págs 287-301
- MONTERO, W., 2001: Neotectónica de la región central de Costa Rica: frontera oeste de la Microplaca de Panamá. -Rev. Geol. de Amér. Central, 24: 29-56
- PANIAGUA, S., 1993: Mapa de amenaza volcánica de la Gran Área Metropolitana, escala 1:200 000. En: DENYER, P. & KUSSMAUL, S. (Comp): Atlas geológico del Gran Área Metropolitana. Editorial tecnológica de Costa Rica, Cartago
- PERALDO, G. & MONTERO, W., 1999: Sismología histórica de América Central. -347 págs. IPGH, México.
- Denyer, P. & Arias, O., 1991: Estratigrafía de la Región Central de Costa Rica - Rev. Geól. América Central (12): 1-59pp



## ***CAPITULO III ESTUDIO ARQUEOLÓGICO RÁPIDO DEL TERRENO DEL AP***

### ***PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS***

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

***2014***

### **3.1 Ámbito de aplicación**

El presente apartado sobre el patrimonio arqueológico tiene como finalidad valorar los efectos que tendrían la realización de los proyecto de remodelación y construcción de edificios, laboratorios, oficinas e instalaciones deportivas de la Universidad Nacional, sobre el patrimonio cultural arqueológico precolombino e Histórico. Para cumplir con estos objetivos se siguió una estrategia metodológica que incluyó una búsqueda de información y una prospección asistemática de área del proyecto. Los estudios arqueológicos realizados responden a la normativa vigente arqueológica establecida en la Ley 6703, en el decreto de Tramites Arqueológicos (*Decreto 28174-MP-C-MINAE-MEIC*) y el la Ley 7555; así como en la normativa del D1 (*Decreto Ejecutivo 32712-MINAE-2005*).

### **3.2 Responsables de la realización del estudio arqueológico**

El equipo de arqueología estuvo dirigido por la máster en arqueóloga Tatiana Hidalgo Orozco, quien fue la responsable de realizar el estudio arqueológico. Dicha profesional está debidamente acreditada ante la Comisión Arqueológica Nacional desde 1995 y desde 1996 en el SETENA como consultora ambiental. Sin embargo, cuenta con más de 20 años de experiencia en el campo de la investigación arqueológica ya que trabajó en el Museo Nacional de Costa Rica desde 1991. El equipo contó con la participación de la estudiante de maestría Daniela Quesada y del asistente Cecilio Arbizu.

### **3.3 Procedimiento para la elaboración del estudio arqueológico rápido**

Como punto de partida se consultó la Base de Datos Orígenes del Museo Nacional de Costa, que es el registro oficial de sitios precolombinos. De acuerdo con estas fuentes se determinó cuales de los terrenos a intervenir cuentan con declaratoria de interés arqueológico. También se consultó la Base de Datos de Bienes de Interés Cultural (BIC) del Ministerio de Cultura, para este caso en particular se determinó para fines del presente proyecto no se cuenta con declaratorias mediante la Ley 7555.

Una vez concluida la revisión de fuentes bibliográficas se llevó a cabo el trabajo de campo con la finalidad de prospectar todos los terrenos a impactar, verificar los sitios registrados y de entrevistar informantes. Se llevaron a una visita a los diferentes campus al punto específico donde se realizan las obras. Durante las visitas al Ap se hizo un esfuerzo por contrastar los datos recuperados durante la revisión de fuentes escritas y se llevó a cabo una prospección asistemática total. Se realizaron limpiezas de perfiles y cateos para verificar y descartar la presencia de evidencia arqueológica.

### **3.4 Coordinación con otros profesionales que realizan estudios técnicos en el AP**

Las visitas de campo fueron ejecutadas de manera conjunta con el resto del equipo consultor que incluye geógrafos, topógrafo, ingeniero, geólogos, sociólogo y biólogos; salvo la visita a la Sede Regional Brunca que se realizo un día posterior a la visita de los demás profesionales por problemas de agenda.

### **3.5 Responsabilidad profesional por la información aportada**

Para la valoración del factor arqueológico se siguieron todos los protocolos vigentes. La información suministrada es veraz. Con respecto a las recomendaciones giradas se debe tomar en consideración que se recomienda que un profesional en la disciplina sea contratado a fin de darle seguimiento a la etapa de supervisión de los movimientos de tierra. Con esta medida preventiva se busca minimizar el impacto que

tendría el proyecto sobre los bienes patrimoniales y cumplir con la legislación en materia arqueológica que está vigente.

En aquellos casos donde durante el movimiento de tierras se detecte evidencia arqueológica que por razones ajenas escapó a las posibilidades de observación del presente estudio se deberá realizar una etapa de evaluación arqueológica. Los objetivos de esta etapa de la investigación son el conocimiento y caracterización del Ap en términos de: tamaño, temporalidad, funcionalidad, estado de conservación, presencia o ausencia de rasgos culturales o áreas de actividad, estratigrafía y estratificación y de la relación de la evidencia existente en el Ap, con otros sectores ya investigados y con el estado del conocimiento del área de estudio.

Por último, se recuerda a los propietarios y desarrolladores que el patrimonio arqueológico está protegido por la Ley 6703. De conformidad a la normativa legal vigente (Ley 6703), en caso de que se realice algún hallazgo de tipo arqueológico en la propiedad aunque el mismo haya pasado desapercibido anteriormente, por cualquier motivo se debe detener los trabajos que se estén realizando y dar aviso inmediato, al personal del Departamento de Antropología e Historia del Museo Nacional de Costa Rica, a los teléfonos 2291-3468 o al 2257-1433. Esta ley contempla la posibilidad de que el estado establezca sanciones para quienes infrinjan este cuerpo legal.

### 3.6 Formulario de Inspección

<b>FORMULARIO DE INSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA RÁPIDA</b> <b>SECRETARÍA TÉCNICA NACIONAL AMBIENTAL</b> INFORME DE INSPECCIÓN	
<b>Nº Expediente SETENA</b>	<b>Fecha de Inspección 11/ nov / 2013</b>
<b>A. Información del desarrollador (la persona física o jurídica, pública o privada) que realizará la actividad, obra o proyecto.</b>	
1. Nombre del encargado de la actividad, obra o proyecto. <b>Sandra León Coto</b>	
2. Nombre del desarrollador (sea una empresa o persona física). <b>Universidad Nacional</b>	
3. Teléfono: <b>2283-8395</b>	
<b>B. Información sobre la actividad, obra o proyecto.</b>	
4. Tipo de actividad, obra o proyecto <b>construcción de aulas</b>	
5. Nombre de la actividad, obra o proyecto <b>Movimiento Humano y Terapias Complementarias</b>	
<b>B.1. Ubicación geográfica del área del proyecto:</b>	
6. (Provincia, Cantón, Distrito) <b>Heredia, Heredia, Ulloa</b>	
7. Coordenadas Lambert: <b>522 331 E 214 371 N</b>	
8. Hoja (s) cartográfica (s) <b>Abra 1:50.000</b>	
<b>B.2 Área del Proyecto (AP)</b>	
9. Área total del proyecto (Ha. o m <sup>2</sup> ): <b>27 ha 2730 m<sup>2</sup></b>	
10. Área de impacto directo (Ha. O m <sup>2</sup> ): <b>1500 m<sup>2</sup></b>	

11. N° de plano(s) catastrado(s) <b>H-846359-1989</b>
12. Se han realizado movimientos de tierra <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <b>0% del AP</b>
13. Magnitud de los movimientos de tierra <b>el Ap no ha sido nivelado</b>
14. Topografía : <input checked="" type="checkbox"/> <b>Plana &lt; 15%</b> <input type="checkbox"/> Ondulada 15 - 30% <input type="checkbox"/> Quebrada 30 – 50% <input type="checkbox"/> Muy quebrada > 50%
15. Cobertura vegetal actual : <input type="checkbox"/> Limpio <input checked="" type="checkbox"/> <b>Pasto</b> <input type="checkbox"/> Bosque primario <input type="checkbox"/> Charral <input type="checkbox"/> Tacotal <input type="checkbox"/> Cultivo <input type="checkbox"/> Bosque secundario <input type="checkbox"/> Otra
16. Fuentes fluviales más cercanas. (ríos, quebradas) <input checked="" type="checkbox"/> <b>Sí Río Bermudez</b> <input type="checkbox"/> No
17. Infraestructura actual existente en el AP: <b>ninguna</b>
18. Uso actual del AP: <b>ninguno</b>
19. Etapa/actividad en la que se encuentra la actividad, obra o proyecto a desarrollar <b>Tramite de Permisos</b>
20. Infraestructura a desarrollar en el AP <b>Aulas con parqueo y todos los servicios</b>
<b>C. Información sobre la inspección:</b>
21. <input checked="" type="checkbox"/> <b>Prim. Inspección</b> <input type="checkbox"/> Revisita
22. Metodología <input checked="" type="checkbox"/> <b>Asistemática</b> <input type="checkbox"/> Sistemática <input checked="" type="checkbox"/> <b>Recorrido Total</b> <input type="checkbox"/> Recorrido Parcial <input type="checkbox"/> Cateos <input type="checkbox"/> Limpieza selectiva de la capa vegetal <input checked="" type="checkbox"/> <b>Observación de cortes y perfiles</b> <input type="checkbox"/> Transectos
23. Explique el patrón de recorrido del terreno: <b>Caminata por el terreno y observación de los cortes y perfiles</b>
24. Observación de la superficie por densidad de cobertura vegetal <input type="checkbox"/> Total <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> <b>Nula</b>
<b>C1. Recursos Arqueológicos</b>
25. Existen materiales o rasgos culturales <input checked="" type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> No
26. Tipo de material <input checked="" type="checkbox"/> <b>Cerámica</b> <input type="checkbox"/> Lítica <input type="checkbox"/> Otro
27. Tipo de rasgo <input type="checkbox"/> Tumba <input type="checkbox"/> Calzada <input type="checkbox"/> Montículo <input type="checkbox"/> Basamento <input type="checkbox"/> Conchero <input type="checkbox"/> Otro <input checked="" type="checkbox"/> <b>Ninguno</b>
28. Se observa material cultural en terrenos colindantes <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> <b>No</b>
29. Explique el tipo de evidencia observada: <b>pocos fragmentos cerámicos precolombinos</b>
30. Densidad del material por m <sup>2</sup> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Baja &lt; 5 fragmentos</b> <input type="checkbox"/> Media de 5 a 20 fragmentos <input type="checkbox"/> Alta > 20 fragmentos
31. Se registró sitio arqueológico <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> <b>No</b> <i>Adjuntar hoja de registro y plano de ubicación</i> <input checked="" type="checkbox"/> <b>no aplica</b>
32. Nombre del Sitio (s) y Clave (s) <b>Lagunilla y Barreal</b> (ver Figura 1)
33. Extensión aproximada del sitio arqueológico en m <sup>2</sup> <b>No aplica</b>
<b>C2. Información Gráfica</b>
34. Mapa o croquis <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> <b>No</b> Fotografías <input checked="" type="checkbox"/> <b>Sí</b> <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> <b>Color</b> <input type="checkbox"/> Diapositiva <input type="checkbox"/> Blanco y Negro

<b>35. Observaciones</b> (de ser necesario aporte documentos adjuntos que amplíen la información brindada en este formulario)	
36. Nombre y cédula del inspector: <b>Tatiana Hidalgo Orozco ced. 1-771-391</b>	37. No. Consultor ambiental de SETENA: <b>Setena CI 160-96</b>
38. Nombre y cédula del desarrollador o representante: <b>Universidad Nacional 4-000-042150</b>	
<b>39. Recomendación técnica</b>	
Con base en los puntos antes señalados y específicamente en los puntos <b>25 al 33</b> se concluye que:	
<input type="checkbox"/> No requiere más estudios arqueológicos <input type="checkbox"/> Revisar el AP <input type="checkbox"/> Evaluación Arqueológica <input checked="" type="checkbox"/> <b>Supervisión de Movimientos como medida preventiva</b> <input type="checkbox"/> Otra	
40. Otras recomendaciones:	
Se halló evidencia arqueológica en el AP en baja densidad, por lo que se les recuerda a los propietarios y desarrolladores la obligación que, de conformidad con la Ley 6703 se establece, en cuanto en caso de realizarse algún hallazgo de tipo arqueológico en la propiedad, deben detenerse inmediatamente los trabajos que se estén realizando y dar aviso expedito al personal del Departamento de Antropología e Historia del Museo Nacional de Costa Rica, a los teléfonos 2291-3468 o 2257-1433.	



Figura 1: Base de Datos Orígenes del Museo Nacional donde se observa que el Ap no cuenta con un registro previo



Figura 2: Fotografías del Ap

## ***CAPITULO IV ESTUDIO BIOLÓGICO RÁPIDO***

### ***PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS***

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

***2014***

## **4.1 INTRODUCCIÓN**

A continuación se presenta una descripción de los principales componentes biológicos a saber especies de flora y fauna presentes en el Área de Proyecto (AP), Área de Influencia Directa (AID) y Área de Influencia Indirecta (AII) del proyecto ubicado en el cantón Heredia, Lagunilla, Universidad Nacional, Provincia de Heredia, hoja cartográfica ABRA 1:50000, editadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) (ver figura # 4.1).

El presente proyecto contempla la realización de obras civiles (edificios varios), en las inmediaciones del campus de Ciencias del Deporte y Veterinaria de la Universidad Nacional en Lagunilla de Heredia. Las obras referidas se desarrollaran en varios sectores del campus en colindancia con obras ya establecidas o sobre otras que tendrán remodelación; su descripción de obra civil se desarrolla en el apartado correspondiente de cada plan de gestión ambiental.

Los terrenos ya cuentan con desarrollo de varios edificios universitarios mezclados con jardines arbolados, y zonas de remanentes de cultivos de frutales. Las áreas seleccionadas son de conformación mixta con pendientes suaves y están cubiertas de pastos o son zonas ya construidas.

## **4.2 Ambiente Terrestre o Estatus de protección del AP**

Según el Sistema Nacional de áreas de conservación (SINAC), el AP esta dentro del Área de Cordillera Volcánica Central (ACCVC), y no presenta ninguna categoría especial de protección.

### **4.2.1 Zonas de vida**

Según la clasificación de zonas de vida de Holdrige, el área del proyecto se encuentra ubicada en la zona de vida de Bosque húmedo Premontano, la cual presenta un rango de precipitación entre 1200 y 2200 mm en promedio anual, con una temperatura que oscila entre los 17 y 24 ° C. La cobertura vegetal típica de esta zona de vida es semideciduo, de dos estratos, los árboles son de fustes cortos y macizos, poco densos y una altura promedio de 25 metros. Hay poca cantidad de epífitas. Las características climáticas de esta zona la hacen muy atractiva para el asentamiento humano por lo que también es la más alterada de todas, por la expansión urbana, donde existen hoy en día muy pocos relictos de la cobertura vegetal característica y original, centrándose en las zonas de protección de algunos de los ríos en caños de difícil acceso y en áreas protegidas.

Aunque el área está dentro de la zona anteriormente descrita ya su representación dentro del AP es muy escasa y no queda prácticamente casi ningún gran parche significativo de este tipo de asociación.

### **4.2.2 Describir el bioclima para cada zona de vida en el AP y el AID.**

El bioclima de las zonas aledañas dentro del AP y AID del proyecto en Lagunilla, presenta las mismas configuraciones de la zona de vida anteriormente descrita, Bosque húmedo Premontano, la cual presenta un rango de precipitación entre 1200 y 2200 mm en promedio anual, con una



temperatura que oscila entre los 17 y 24°C. La cobertura vegetal típica de esta zona de vida es semidecidual, de dos estratos, los árboles son de fustes cortos y macizos, poco densos y una altura promedio de 25 metros.

De las anteriores anotaciones únicamente algunas áreas dentro de la zona de influencia indirecta presentan restos de este tipo de cobertura, lo anterior hacia el sector noroeste y alejado de las obras de construcción.

#### **4.2.3 Relacionar el AP y AID del proyecto con respecto a la provincia de humedad, región latitudinal y pisos altitudinales a que pertenecen.**

Las áreas del AP y AID como se indicó anteriormente pertenecen a la zona de vida de **bosque húmedo premontano** que mantiene bajo las alturas de la región de Heredia centro (1150 msnm), en promedio una biotemperatura media que varía entre 24 y 24<sup>o</sup> C, mientras que la temperatura media está entre los 24 a 27.8<sup>o</sup> C. El bh-P presenta un período efectivamente seco de 3.5 a más de 5 meses.

#### **4.2.4 Asociaciones naturales presentes**

Dentro del AP es posible identificar varias asociaciones vegetales presentes que serán descritas a continuación.

#### **4.2.5 Identificar cada asociación natural (ecosistema) presente en el AP y AID.**

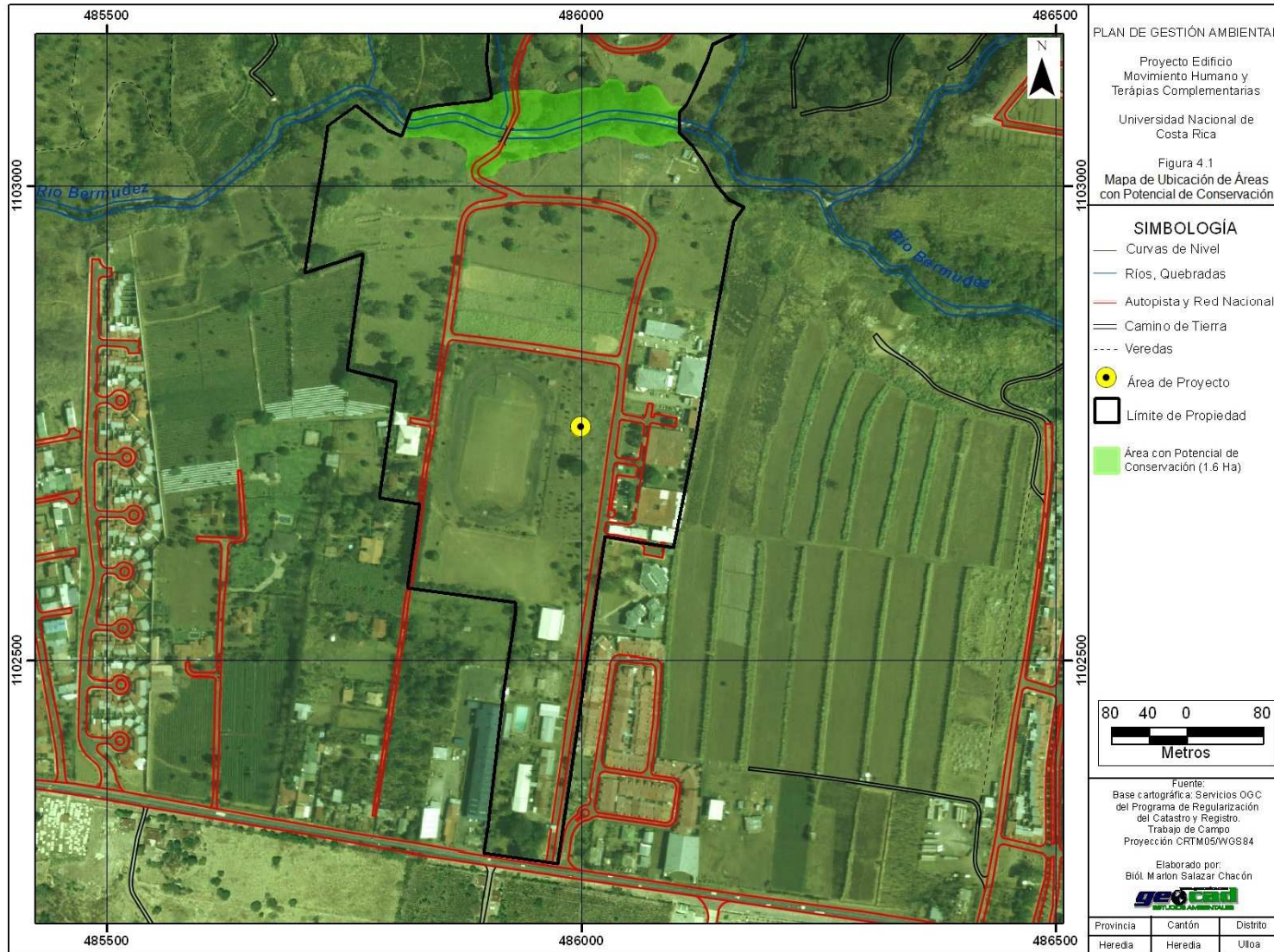
Se describen cada tipo de asociación en el apartado siguiente 4.2.7

#### **4.2.6 Indicar la respectiva potencialidad para la conservación y dar su extensión en hectáreas. Si dos o más asociaciones están presentes indicarlas en un mapa a escala apropiada.**

En la figura 4.1 se detallan la ubicación del AP y las zonas que según criterio profesional, se podrían de destinar para la conservación, el cual comprende 1.6ha.

#### **4.2.7 Cobertura vegetal actual por asociación natural.**

El área de influencia del proyecto Movimiento Humano y Terápias Complementarias, corresponde una área alterada con presencia de edificios, donde la cobertura vegetal presente está asociada a áreas de jardines donde predominan las especies ornamentales exóticas y nativas, y algunos remanentes de la cobertura vegetal nativa conformada por especies pioneras. En el cuadro 4.1 se enlistan las especies de plantas tanto exóticas como nativa presentes en los diferentes sectores donde se construirán los edificios.

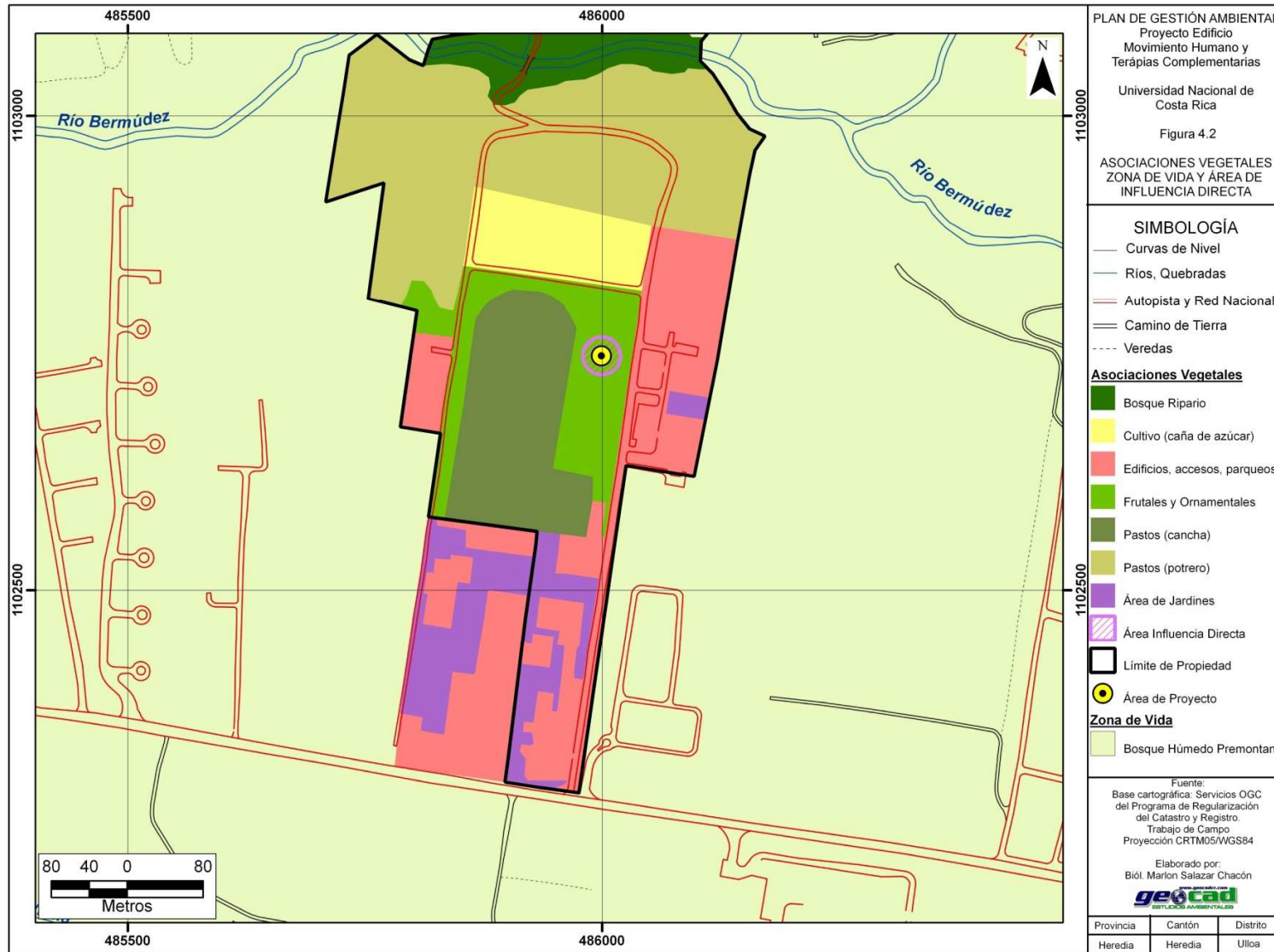


Esta zona (**Ver fotografía # 1**) corresponde a un **lote baldío** con algunos **árboles tanto frutales, forestales, ornamentales y nativos**. Entre las especies encontradas está el jocote (*Spondias purpure*), limón dulce (*Citrus limetta*), aguacate (*Persea americana*), guaba (*Inga vera*), cedro amargo (*Cedrela odorata*), yos (*Sapium gladiosum*), saraguindí (*Senna reticulata*), higueron (*Ficus jimenezii*), circa venenosa (*Thevetia peruviana*).



**Fotografía 1.** Vista panorámica del ambiente en zona de edificios lagunilla, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Fuente: M. Salazar 2013.

En el mapa de vegetación (ver **Figura # 4.2**) se hace referencia al uso de suelo actual dentro del AP, AID y All que se presenta en la zona, donde se nota claramente la dominancia de las **zonas de jardines** y en todo el AP, por encima de otra cobertura existente como **zonas de árboles frutales y pastizales**.



#### **4.2.8 Describir la cobertura actual en el AP y AID, asociar la información obtenida con respecto a la fauna presente.**

La cobertura actual de cada asociación se detalla en el mapa adjunto, ahí se denota el estado de la flora cuya dominancia de jardines y de árboles frutales, permite la presencia del único mamífero registrado de forma mayoritaria en el campus como lo es la ardilla común.

#### **4.2.9 Calcular el número de árboles (DAP mayor o igual a 15 cm) por hectárea en el AP.**

Según estimaciones durante la visita de campo al menos 2 árboles de Cedro amargo y de 2 de poró deben ser cortados y presentan un DAP mayor de 15 cm solamente en un sector del terreno contemplando una Ha como área total.

#### **4.2.10 Especies indicadoras por ecosistema natural.**

De las especies encontradas no se determinaron especies indicadoras, predominan la flora de jardines.

#### **4.2.11 Especies endémicas, con poblaciones reducidas o en vías de extinción.**

Se registró una especie de flora catalogada como amenazada, el cedro amargo (*Cedrela odorata*), estas se ubican en la zona de árboles frutales y zona de pastizales al borde de cerca con malla. Dentro de la fauna según la revisión del sitio la única especie bajo CITES II y bajo peligro de extinción como la mayoría de Psitácidos de nuestro país son los pericos frente roja, especie muy común en las inmediaciones urbanas y que regularmente coloniza edificios y utiliza como sitio de refugio y reproducción. Estas aves se observaron en sobrevuelo sobre el AII, en sitios al noroeste, sobre límites del campus. (MINAE-MN-INBio 1998, Jiménez 1999, UICN 2001, INBio 2013).

#### **4.2.12 Fragilidad de ecosistemas.**

Ninguno de los entornos inmediatos a las obras están considerados como ambientes frágiles esto para las área del proyecto y de influencia directa, todas las zonas de jardines presentan baja fragilidad, puesto que son áreas destinadas ya por su ubicación a zona de campus de estudio y uso como tal.

#### **4.3 Ambiente Marítimo o Estatus de protección del AP.**

No aplica esta sección

#### **4.4 Ambiente acuático (aguas continentales)**

No presente en ambiente descrito anteriormente.

**CAPITULO V. PRONOSTICO DEL PLAN DE GESTIÓN  
AMBIENTAL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL**

**PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO  
HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS**

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

**2014**

## 5.2 Contenido

5.3 AUTORES.....	2
5.4 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE SOCIOECONÓMICO .....	2
5.5 USO ACTUAL DE LA TIERRA EN SITIOS ALEDAÑOS.....	2
5.6 Tenencia de la tierra en sitios aledaños .....	4
5.7. Características de la población .....	5
5.7.1 Demográficas .....	5
4.7.2 Características culturales y sociales de la población.....	5
5.7.3 Económicas .....	8
5.7.4. Servicios de Emergencia disponibles.....	9
5.7.5. Servicios básicos disponibles .....	10
5.7.6. Infraestructura comunal.....	11
5.8 Organización del Proyecto y Ejecutor de Medidas .....	12
5.9 Cuadro pronóstico – Plan de Gestión Ambiental.....	12
5.10. Monitoreo - Regencia.....	18
5.8. Cronograma de ejecución.....	18
5.12. Costos de la Gestión Ambiental .....	19
5.13. Plan de contingencia .....	19
5.14. Síntesis de los compromisos ambientales del proyecto.....	20
5.15. Referencias Bibliograficas.....	24

### 5.3 AUTORES

#### AUTORES

Equipo profesional responsable del plan de gestión ambiental

Profesional	Especialidad	Nº Registro SETENA
Hidalgo Orozco Tatiana	Arqueología	CI 160-1996
Araya Oviedo Alejandro	Biología.	CI 016-2005
Piedra González Mario	Sociología	CI 021-1996
Harley Bolaños Mario	Geografía y SIG	CI 027-2006
Jiménez García Fabio Allín	Ingeniería en Construcción	CI 221-1997
Vásquez Fernández, Mauricio	Geología.	CI 082-2004
Rojas Molina Monserrat	Geografía y Coordinación Técnica.	CI 002-2006
Rigoberto Villalobos González	Coordinación Administrativa.	CI 167-1997

### 5.4 DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE SOCIOECONÓMICO

A continuación se presenta el detalle de los aspectos analizados en el apartado Socioeconómico.

#### 5.5 Uso actual de la tierra en sitios aledaños

El recorrido por el Área del Proyecto (AP), así como por sus sitios aledaños, permitió identificar como usos predominantes de la tierra los siguientes:

- Académico. El AP se localiza dentro del “Campus Benjamín Núñez” en el cual existen las escuelas de “Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida”, “Informática”, “Medicina Veterinaria”, así como el “Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible” y el “Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales”.
- Deportivo y/o recreativo. Dado fundamentalmente por la existencia de una serie de infraestructuras deportivas y recreativas dentro del “Campus Benjamín Núñez” de la Universidad Nacional (UNA), espacios que son utilizados por personas vinculadas con dicha institución (estudiantes, trabajadores) así como por personas que viven en varios desarrollos habitacionales de la zona.
- Habitacional. En el sector de análisis se ubican una serie de desarrollos habitacionales bajo el concepto de urbanizaciones y casas independientes en condominio, entre los que se pueden mencionar “Real Santamaría”, “Real Santamaría Este”, “Real Santamaría Oeste” y “Residencial Privacía”.
- Institucional. En los sitios aledaños al AP se localizan las oficinas del Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA), órgano con desconcentración mínima y personería jurídica instrumental adscrito al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
- Industrial. El sector de “Lagunilla”, área en la que se ubica el “Campus Benjamín Núñez” se caracteriza por la existencia de una serie de establecimientos dedicados a la actividad



industrial y de almacenaje de mercaderías (“Laboratorios Griffith”, “Ultrapark II”), así como por las instalaciones de la Revisión Técnica Vehicular (RTV).

- Comunal. Se trata de espacios en los cuales los habitantes de la zona llevan a cabo distintas actividades. Algunos de estos espacios están dados por la “Escuela Villalobos y la iglesia católica de Lagunilla, así como el cementerio de Barreal.

Con las siguientes Fotografías se evidencia algunos de los usos de la tierra presente en los sitios aledaños al AP:



**Fotografía N° 1** Ejemplo del uso industrial de la tierra en los sitios aledaños al AP (MAPG-Noviembre, 2013)



**Fotografía N° 2.** Entrada al “Campus Benjamín Núñez” de la UNA y dentro del cual se localiza el AP (MAPG-Noviembre, 2013)



**Fotografía N° 3.** Ejemplo del uso habitacional de la tierra en el sector cercano al AP: “Residencial Real Santamaria Este” (MAPG-Noviembre, 2013)



**Fotografía N° 4.** Instalaciones del SENASA en las cercanías del AP, dentro de “Campus Benjamín Núñez” (MAPG-Noviembre, 2013)

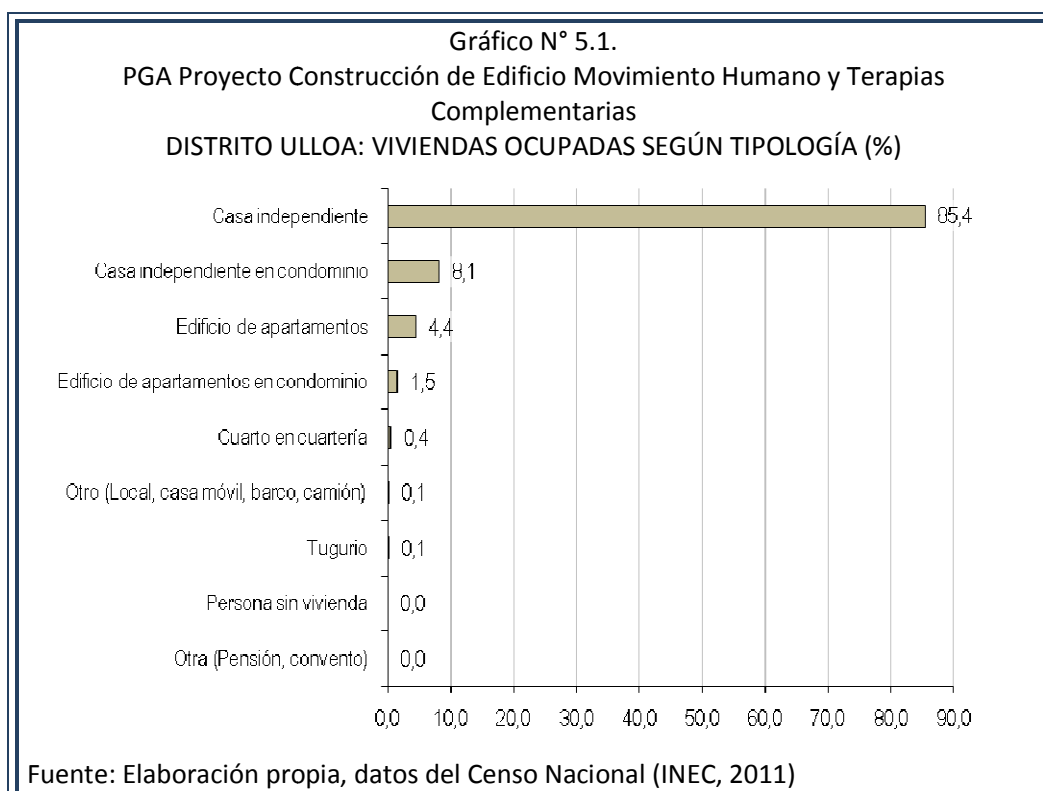
En la figura N° 5.1 se representa la ubicación de los principales usos de la tierra existente en los sitios aledaños al AP.

En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema de usos de la tierra, el principal cambio se daría en el mismo AP, ya que éste dejaría de ser un espacio sin uso específico para dar lugar a una edificación y/o infraestructura en la que se llevarían a cabo actividades académicas y de

oficina, lo que sería congruente con la actividad principal que se da en los sitios aledaños al AP, dada por las instalaciones del “Campus Benjamín Núñez”.

### 5.6 Tenencia de la tierra en sitios aledaños

Como parte de la descripción de la tenencia de la tierra en el entorno del AP se debe indicar que las estadísticas que se presentan estarán referidas al indicador de tenencia de las viviendas ocupadas, ya que es el único dato actualizado que existe en el país respecto a los regímenes de tenencia. Así, en lo que se refiere al tipo de viviendas existentes en el distrito Ulloa, se tiene que las “casas independientes” son las que predominan (85.4%), seguido por las “casas independientes en condominio” (8.1%) y los “edificios de apartamentos” (4.4%). Más detalles sobre el tipo de viviendas presentes en la totalidad del distrito se aprecian en el siguiente gráfico:



En lo concerniente a la tenencia de las viviendas ocupadas, según los datos del X Censo Nacional de Población y del VI Censo Nacional de Vivienda 2011, en el distrito Ulloa el 72.6% de las personas son propietarias de las viviendas y/o terrenos en que habitan. Otros datos que se pueden aportar respecto al tema de la tenencia de las viviendas ocupadas en la totalidad del distrito se reseñan en el cuadro N° 5.1:

Cuadro N° 5.1. PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y Terapias Complementarias DISTRITO ULLOA: RÉGIMEN DE TENENCIA DE LAS VIVIENDAS OCUPADAS (absolutos y porcentajes)		
Propia totalmente pagada	3.909	48,2
Propia pagando a plazos	1.983	24,4
Alquilada	1.950	24,0
Prestada por motivo de trabajo	48	0,6
Prestada por otro motivo (no paga)	176	2,2
Está en precario	15	0,2
Otro	34	0,4
<b>TOTAL</b>	<b>8.115</b>	<b>100,0</b>
Fuente: Elaboración propia, datos del Censo Nacional (INEC, 2011)		

En lo que se refiere a otro tipo de espacios, tales como establecimientos comerciales y/o industrias, los regímenes de tenencia son variados, prevaleciendo los inmuebles que están bajo el formato de “arrendamiento” o “alquiler”.

## 5.7. Características de la población

### 5.7.1 Demográficas

La población que se localiza en los sitios aledaños al AP forma parte del distrito “Ulloa”, mismo que para el año 2007 registró un Índice de Desarrollo Social (IDS) del 63.1, lo que ubicó a ese distrito en la posición 124 entre los 469 distritos con que contaba el país en ese año (MIDEPLAN, 2007).

El IDS es “un índice que comprende cuatro dimensiones: económica, participación social, salud y educación y compuesto por once indicadores relativos al consumo promedio residencial de electricidad, viviendas con acceso a internet, mortalidad de niños menores de 5 años, bajo peso en niños y niñas, nacimientos de hijos de madres solteras menores de 19 años, cobertura de agua potable, infraestructura educativa, programas educativos especiales, escuelas unidocentes, reprobación escolar y participación electoral. Su rango de variación oscila entre 100 puntos como mejor situación y 0 puntos como peor situación” (MIDEPLAN, 2007).

### 4.7.2 Características culturales y sociales de la población

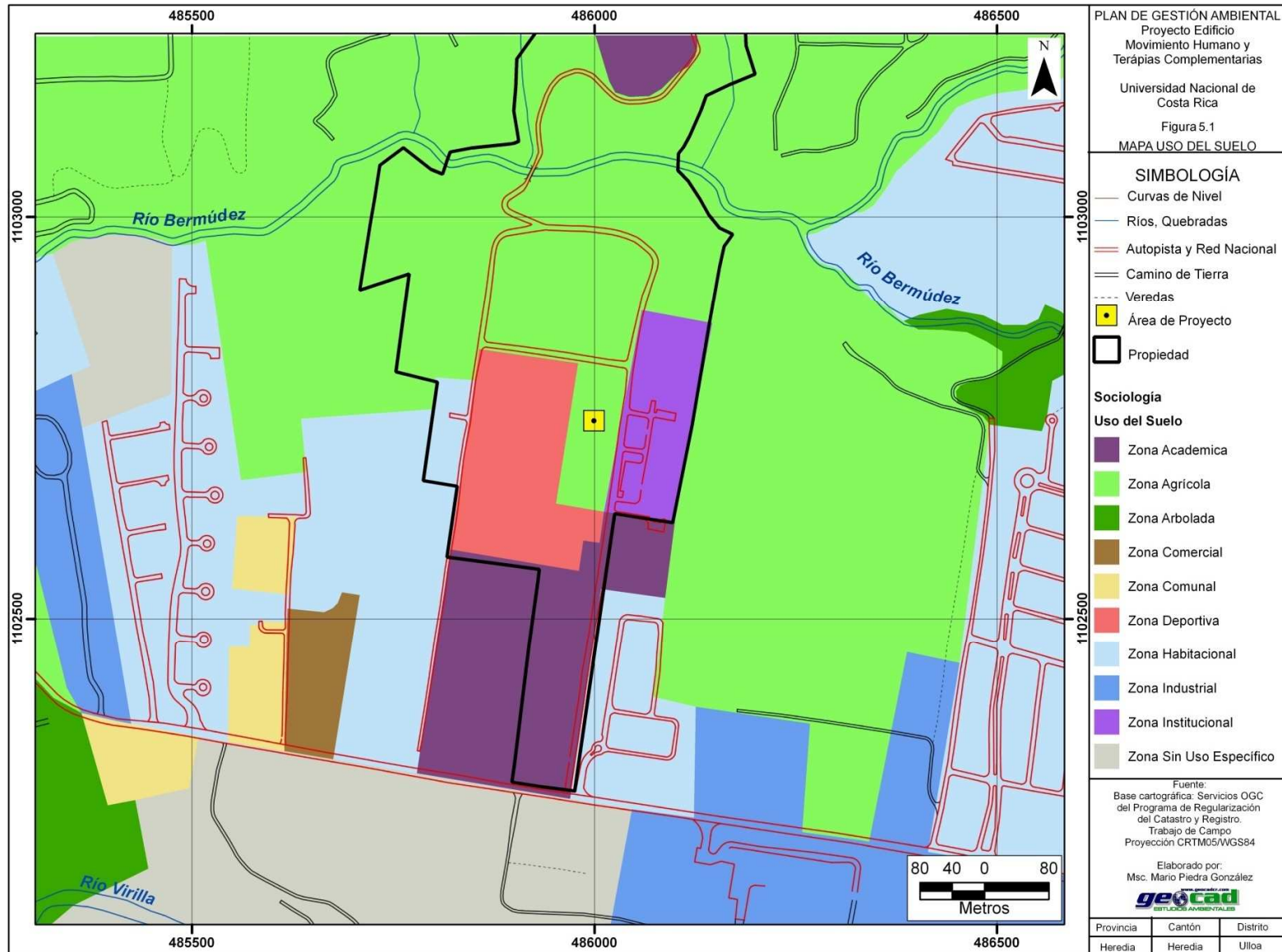
En lo que se refiere a características culturales y sociales de los sitios aledaños al AP, se debe comentar que el distrito “Ulloa” posee un territorio 100.0% urbano, en el que habitan 29266

personas y posee una densidad de población de aproximadamente de 2527 personas por kilómetro cuadrado (INEC, 2013).

La población del distrito representa el 23.7% de toda la población del cantón de Heredia y la distribución por sexo establece que en el distrito habitan 92 hombres por cada 100 mujeres. En lo que se refiere a grupos de edad, en el distrito el 32.4% de la población es menor de 20 años; un 62.2% de las personas se ubica en la edad productiva (20 a 64 años de edad) y un 5.4% son personas adultas mayores (INEC, 2013).

Al analizar lo relacionado con los lugares de nacimiento de la población que habita actualmente en el distrito, se tiene que un 44.7% de las personas nacieron en el cantón de Heredia, un 43.1% de las personas nació en otro cantón y un 12.2% de las personas son extranjeras (INEC, 2013). Otras estadísticas culturales y sociales del distrito "Ulloa" se resumen en el siguiente cuadro estadístico:

<b>Cuadro N° 5.2.</b>	
PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y Terapias Complementarias	
Distrito Ulloa: Indicadores Culturales y Sociales (%)	
<b>Indicador</b>	<b>%</b>
✓ Población sin acceso a servicios de CCSS	9.9
✓ Población con algún tipo de discapacidad	10.4
✓ Población que no sabe leer o escribir	4.4
✓ Población con 1 o más años de rezago escolar	14.0
✓ Población con estudios superiores	24.4
✓ Población con título de educación formal	87.4
✓ Viviendas ocupadas independientes	85.4
✓ Viviendas ocupadas con 5 o más habitantes	22.6
✓ Viviendas ocupadas con más de un hogar	2.7
<b>Fuente:</b> Datos del Censo Nacional 2011 (INEC, 2013)	



En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema de las características culturales y sociales, se puede comentar que la actividad propuesta para el AP (edificación de un edificio para actividades académicas y de oficina) podría tener repercusiones en la zona ya que mejorará la actividad académica del “Campus Benjamín Núñez”, aspecto que podría traducirse en una mayor capacidad para recibir más estudiantes, quienes podrían provenir de los sitios aledaños, tales como “Lagunilla” y “Barreal”.

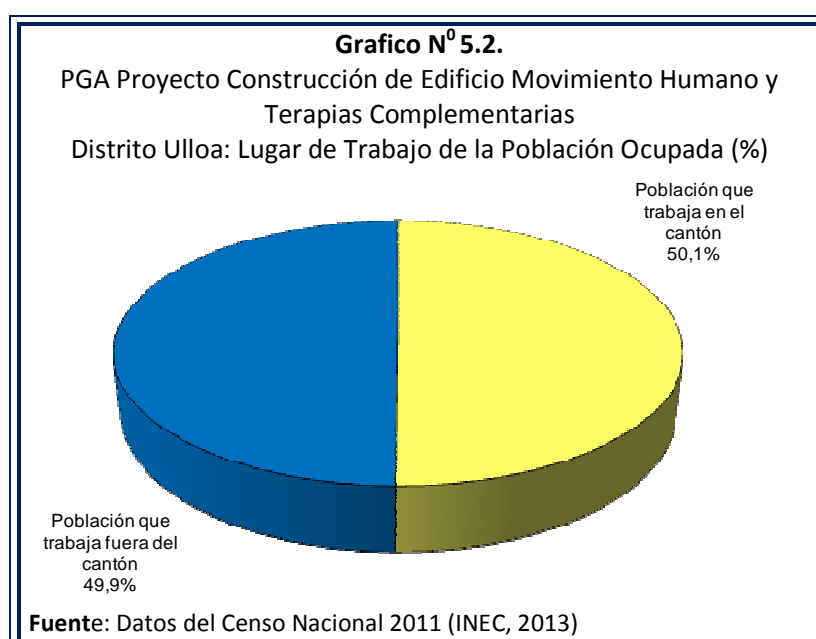
### 5.7.3 Económicas

En lo que se refiere a características económicas, un primer elemento que se debe señalar es que el 57.5% de la población con edad de 12 años o más que habita en el distrito “Ulloa” forma parte de la Población Económicamente Activa (PEA), mientras que el 42.5% restante integra la Población Económicamente Inactiva (PEI) del distrito (INEC, 2013).

En lo que a desempleo abierto concierne, el distrito “Ulloa” registró en el año 2011 un 3.3% de población desocupada, al tiempo que un 14.2% de las personas que trabajan lo hacen en actividades propias y un 77.4% son asalariados (INEC, 2013).

Al analizar los sectores de la economía en los que están ocupadas las personas del distrito que trabajan, se tiene que un 0.9% lo hace en el sector primario, un 29.1% en el sector secundario y un 70.0% de las personas se ocupa en actividades del sector terciario, referido a la prestación de bienes y servicios (INEC, 2013).

Por otra parte, una de las principales características económicas del distrito “Ulloa” así como de la totalidad del cantón de Heredia, está relacionada con las opciones de empleo que ofrece a sus habitantes, quienes en algunos casos deben desplazarse a otros territorios para llevar a cabo sus actividades laborales, tal y como se visualiza en el siguiente gráfico:



La influencia del Proyecto en las características económicas de los sitios aledaños al AP así como en otros sectores del distrito “Ulloa” serían muy limitadas y se concentrarían eventualmente durante la etapa de construcción del edificio para actividades académicas y de oficina, ya que en esa etapa se requerirá mano de obra para los distintos componentes de la infraestructura a desarrollar.

Sin embargo, considerando que la edificación del Proyecto posiblemente se le asigne a un contratista y que la población de la zona se dedica a otro tipo de actividades económicas, más orientadas a la prestación de bienes y servicios, no se prevé que la construcción y operación de la actividad propuesta para el AP sea un factor que modifique las características económicas del sector de análisis.

#### **5.7.4. Servicios de Emergencia disponibles**

Dentro del AP, por tratarse de un terreno sin edificaciones, no existen servicios de emergencia. En lo que se refiere a los sitios aledaños, el recorrido permitió identificar varios dispositivos para la atención de emergencias, particularmente sistemas para la atención de incendios (hidrantes), ubicados tanto en las instalaciones del “Campus” como de SENASA.



**Fotografía 5.** Ejemplo del tipo de servicio de emergencia identificado en los sitios aledaños al AP. Se trata de un hidrante en las instalaciones del SENASA, frente al costado Este del AP (MAPG- Noviembre, 2013).

Igualmente, el personal de las instalaciones del “Campus” cuenta con un sistema de telecomunicaciones (radios) para comunicarse con otros funcionarios, tanto en el sitio como en el “Campus Omar Dengo”.

Otras instancias que podrían atender situaciones de emergencia en el AP se concentran en la ciudad de Heredia, aproximadamente a 3.5 kilómetros del “Campus Benjamín Núñez”.

En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema de servicios de emergencia, se debe comentar que la construcción y operación de la infraestructura académica y de oficinas vendría a reforzar la cobertura de la zona por dispositivos para la atención de incendios, así como por la

dotación al personal de dicha edificación de equipos de telecomunicaciones (radios) que podrían ser utilizados para la atención de cualquier tipo de emergencia en el AP o sus sitios aledaños.

### 5.7.5. Servicios básicos disponibles

Dentro del AP no existen servicios básicos ya que se trata de un terreno cubierto por vegetación variada y sin infraestructuras o edificaciones que requieran de dichos servicios. Por su parte, en los sitios aledaños al AP la situación referente a servicios básicos se indica en el siguiente cuadro:

<b>Cuadro N° 5.3.</b>		
PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y Terapias Complementarias		
Servicios Básicos Identificados en Sitios Aledaños al AP		
<b>Servicios básicos</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
✓ Abastecimiento de agua por acueducto	<b>X</b>	
✓ Educación primaria	<b>X</b>	
✓ Educación secundaria		<b>X</b>
✓ Energía eléctrica	<b>X</b>	
✓ Establecimientos comerciales (abastecedores, pulperías, etc.)	<b>X</b>	
✓ Recolección de desechos sólidos	<b>X</b>	
✓ Salud-EBAIS (CCSS)		<b>X</b>
✓ Salud-Cínica (CCSS)		<b>X</b>
✓ Salud-Hospital (CCSS)		<b>X</b>
✓ Salud-Consultorios privados	<b>X</b>	
✓ Seguridad pública	<b>X</b>	
✓ Sistema de alcantarillado pluvial	<b>X</b>	
✓ Sistema de alcantarillado sanitario		<b>X</b>
✓ Sistema de tanque séptico	<b>X</b>	
✓ Telefonía fija (residencial)	<b>X</b>	
✓ Telefonía móvil (celular)	<b>X</b>	
✓ Telefonía pública	<b>X</b>	
✓ Transporte público (autobús)	<b>X</b>	
✓ Transporte público (taxis)	<b>X</b>	
<b>Fuente:</b> Elaboración propia recorrido por sitios aledaños al AP (MAPG-Noviembre, 2013)		

En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema de servicios básicos, se debe comentar que la construcción y operación del edificio de aulas, laboratorio y oficinas podría representar una mayor demanda en algunos servicios básicos, particularmente los referidos al abastecimiento de



agua, recolección de desechos sólidos y disposición de aguas negras, ya que la edificación a construir se fundamenta en distintas actividades humanas por lo que se deberá coordinar con las instituciones proveedoras de esos servicios para que éstas incluyan dentro de sus planes operativos la prestación de esos servicios sin que ello signifique una merma en la calidad de los servicios que recibe actualmente la población que reside y/o trabaja en los sitios aledaños al AP.

#### 5.7.6. Infraestructura comunal

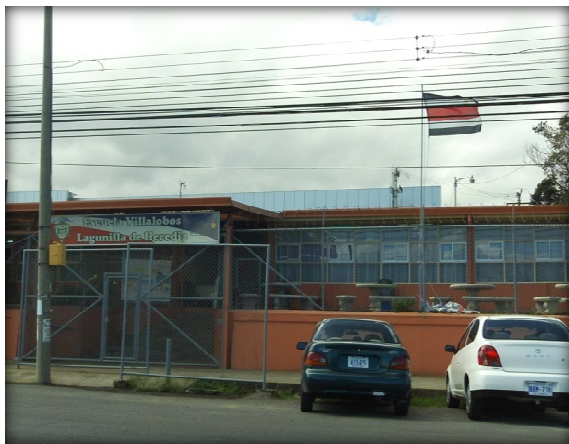
Dentro del AP no existen infraestructuras comunales ya que se trata de un terreno cubierto por vegetación variada. Por su parte, en los sitios aledaños al AP, tanto en las instalaciones del “Campus Benjamín Núñez” como en las afueras de éste, las infraestructuras comunales identificadas fueron las siguientes:

- Espacios deportivos y/o recreativos. Dentro del “Campus Benjamín Núñez” y en los sitios aledaños al AP existen varios espacios que son utilizados por estudiantes y trabajadores de la UNA, así como de personas que viven en la zona para practicar deporte o recrearse, entre los que se pueden mencionar: i) plaza de fútbol, ii) pista atlética, iii) canchas multiusos, iv) gimnasio, v) piscina, vi) zonas verdes, entre otros.
- Obras comunales. En las afueras del “Campus Benjamín Núñez” se identificaron las siguientes infraestructuras de uso comunal: i) escuela, ii) templo católico, iii) cementerio, iv) áreas de juegos infantiles en los distintos desarrollos habitacionales existentes en la zona.

Con las siguientes Fotografías se evidencia algunas de las infraestructuras comunales existentes en el sector de análisis:



**Fotografías N° 6 y 7.** Vista general de las infraestructuras deportivas (plaza y pista atlética) y/o recreativas (zona verde) dentro del “Campus Benjamín Núñez”, ambas localizadas en las cercanías del terreno en el cual se construiría el edificio de aulas, laboratorios y oficinas (MAPG-Noviembre, 2013),



**Fotografías N° 8 y 9.** Vista general de las infraestructuras comunales ubicadas en las afueras del “Campus Benjamín Núñez”: a la izquierda la “Escuela Villalobos” en “Lagunilla” y a la derecha área de juegos infantiles en el residencial “Real Santamaría” (MAPG-Noviembre, 2013),

En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema de infraestructuras comunales, se debe comentar que la construcción y operación del edificio de aulas, laboratorios y oficinas no afectará las obras comunales en la zona, ya que la infraestructura a desarrollar no implica el cambio de uso de ninguno de esos espacios.

#### **5.8 Organización del Proyecto y Ejecutor de Medidas**

La responsabilidad total de cumplir con todos puntos estipulados a lo largo del Plan de Gestión Ambiental corresponde a la Universidad Nacional, que es el ente que desarrolla. Esta contratará los profesionales necesarios, los cuales a su vez asumirán la responsabilidad que les corresponda, según las medidas señaladas anteriormente.

En la fase de construcción (de acuerdo a la propuesta que se hace para trabajar por etapas) el responsable de la implementación de las medidas será el Profesional encargado de la ejecución del proyecto, o Profesional Responsable, el que en asocio con el Regente Ambiental velara por que se sigan los lineamientos que se han señalado en el presente Plan de Gestión Ambiental.

En la fase de operación (duración indefinida) la responsabilidad recaerá sobre las autoridades universitarias, quien en conjunto con el Regente Ambiental y tomando como base lo indicado, velara por que el desarrollo de la operación del mismo se mantenga dentro de los parámetros establecidos.

#### **5.9 Cuadro pronóstico – Plan de Gestión Ambiental**

En el **Cuadro N° 5.4** se realiza un resumen de los siguientes aspectos considerados en el Plan de Gestión Ambiental a implementar según los impactos identificados para las fases contempladas del proyecto:

- a) Acción Impactante
- b) Factor ambiental afectado
- c) Impacto ambiental
- d) Cita de Regulación Ambiental relacionada con el tema
- e) Medidas ambientales establecidas (prevención, mitigación, compensación)
- f) Tiempo de aplicación

- g) Costo de la medida
- h) Responsable de ejecutarlas
- i) Indicador de desempeño
- j) Síntesis del compromiso ambiental

**Cuadro N° 5.4**  
**PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y Terapias Complementarias**  
**Evaluación de Impactos y Plan de Gestión Ambiental (PGA)**

ACCION IMPACTANTE	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES	CITA DE REGULACIÓN AMBIENTAL	MEDIDAS AMBIENTALES ESTABLECIDAS	TIEMPO DE APLICACION	COSTO DE LA MEDIDA	RESPONSABLE	INDICADOR DE DESEMPEÑO	SINTESIS DEL COMPROMISO AMBIENTAL Y MEDIDAS COMPENSATORIAS
Eliminación de parte de la cobertura de vegetación existente.	Vegetación Fauna	Eliminación de parte de la cobertura vegetal existente, con el fin de construir infraestructura.  Afectación de la fauna que reside en el área de proyecto	Ley de Aguas. Art. 1, 6, 7, 8, 10, 69, 75, 145, 146. Ley de Conservación de la Vida Silvestre. Art. 14, 18, 82, 83, 132. Ley de Biodiversidad.	Eliminar únicamente aquella vegetación que sea estrictamente necesaria, y que no este en peligro.  Construir en el sitio con menor cobertura	Durante los cuatro primeros meses de la fase de construcción	El costo esta incluido dentro del desarrollo del proyecto	Desarrollador, Profesional Responsable y Regente Ambiental	No se eliminaran arboles de especies protegidas.  Llevar un conteo de especies que sea necesario reubicar.	- Como parte del proyecto se pretende reemplazar las especies arbóreas que se eliminan en las áreas cercanas en donde se eliminaron.
Movimiento de tierras	Suelo Agua	Se disgregan partículas de suelo, las cuales pueden ser transportadas por las aguas de escorrentía,  Se producen sedimentos consecuencia del movimiento y son depositados en los cursos pluviales cercanos.	Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos. Art. 20, 22, 23, 33, 44, 52. Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelo. Art. 1, 2, 58, 67, 68, 72, 73, 74, 75, 82, 88.	El proyecto tomara en cuenta los lineamientos vigentes en el Código Sísmico y se diseñara un adecuado manejo de los taludes en los terrenos de mayor pendiente del AP.  Se utilizara un sistema constructivo acorde a las características que presentan los suelos existentes en el área de proyecto con el fin de remover la menor cantidad de suelo posible.  Establecimiento de barreras retenedoras y trampas de sedimentos.  Se adoptara el protocolo o la guía ambiental para la construcción de obras de infraestructura.	Durante la fase de construcción. 6 meses	El costo esta incluido dentro del desarrollo del proyecto	Desarrollador, Profesional Responsable y Regente Ambiental	El efluente a la salida de las trampas de sedimentación no podrá contener sedimentos en una cantidad superior a 100 ppm.	- El movimiento de tierra se debe de realizar en forma directa, puntual y rápida. No efectuar movimientos de tierras innecesarios.  - Las medidas de mitigación se inician con un buen manejo del sitio, con apertura acorde a proyección de obra, la acumulación temporal y ordenada de la excavación proyectada, en sitio acondicionado con barreras antierosivas en sus límites tales como sacos doble forro, malla anti-erosiva.  - El material que se remueva debe ser utilizado en forma rápida para relleno en el sitio dentro del proyecto designado para tal fin, o en su caso ser depositado en otro sitio.  - Para la apertura del AP a 0+00 m se utilizaran barreras mecánicas sostenedoras (silt fence) alrededor de cada una de las áreas definidas como el sitio para cimentar la infraestructura. Esto con el fin de que los materiales que se destapen no sean erosionados dado el caso que se presente un evento climático con lluvias durante ese momento. Estas mallas se colocan acorde al movimiento del equipo excavador y las mismas son reutilizables.  - Aplicar riego si se realiza en época seca para evitar la producción de polvo. - Se deben controlar las aguas pluviales en el proyecto para disminuir la erosión en las terrazas y caminos.

ACCION IMPACTANTE	FACTOR AMBIENTAL AFECTADO	POSIBLES IMPACTOS AMBIENTALES	CITA DE REGULACIÓN AMBIENTAL	MEDIDAS AMBIENTALES ESTABLECIDAS	TIEMPO DE APLICACION	COSTO DE LA MEDIDA	RESPONSABLE	INDICADOR DE DESEMPEÑO	SINTESIS DEL COMPROMISO AMBIENTAL Y MEDIDAS COMPENSATORIAS
Generación de polvo, gases, ruido y derrames	Aire Agua Superficiales Aguas Subterráneas	El proceso de remoción del suelo provocara que se presente contaminación por el polvo especialmente en la época menos lluviosa  El uso de la maquinaria liviana aumentara los niveles de ruido.  Contaminación del aire por el aumento en la emanación de gases provenientes de la maquinaria que trabaja en el proyecto.	Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido. Art. 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28. Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos. Art. 54.6, 54.9.3, 58.1.31, 58.3.	Si se presenta contaminación por la emisión de polvo, utilizar riego para disminuir su impacto.  Utilizar maquinaria con generación de bajos niveles de ruido. Velar por que la maquinaria se encuentre en buen estado de conservación y por ende con buen funcionamiento.  Si se da la utilización de maquinaria que emane gases de diferente tipo, es necesario que se determine la idoneidad de la misma, y su grado de funcionamiento  Inspeccionar que la maquinaria a utilizar no presente derrames de combustibles o lubricantes.	Todo el tiempo que dure el proyecto, o sea durante las fases de construcción y operación	El costo esta incluido dentro del desarrollo del proyecto  c 75.000 por equipo o maquinaria para revisión o cambio	Desarrollador, Profesional Responsable y Regente Ambiental	La maquinaria debe poseer RITEVE aprobada.  Se deben presentar copia de las facturas de los sitios en donde se efectuan las acciones de mantenimiento.	- La maquinaria a utilizar deberá de estar en excelentes condiciones mediante un adecuado mantenimiento de la misma, especialmente los escapes, filtros y muflas esto con el fin de evitar contaminación excesiva por ruido.  - Si el movimiento de tierra se efectuara en la estación lluviosa es factible que no se genere polvo en exceso, si fuese lo contrario se utilizara riego para disminuir la pluma de polvo.  Escoger un sistema constructivo que demande lo menos posible la utilización de forma intensiva de maquinaria pesada, y utilice mejor maquinaria liviana, y más amigable con el ambiente.
Levantamiento de infraestructura	Paisaje Fauna Suelo	Cambios en el paisaje existente.  Impermeabilización de parte del suelo por la construcción de infraestructura.  Aumento en la generación de aguas pluviales  Afectación a la fauna, al establecer barreras para su paso por el AP.	Ley de Construcciones Art. 4, 27, 44, 56, 58, 71. Reglamento de Construcciones. Capítulos II, IV, V, VIII, IX, XI, X, XIV, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI, XXVII, XVIII, XXIX, XXX, XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV.	Levantar infraestructura, en el sitio que se ha destinado, tomando en cuenta las características de la zona.  Aunque se dará impermeabilización, esta será mínima dado que la infraestructura ocupa un espacio de alrededor del 50% del total de la propiedad.  Las aguas pluviales serán canalizadas a los colectores cercanos de manera que no afecten directamente al suelo.  El hecho de que la infraestructura a construir abarque solo una parte del área permitirá que la fauna pueda trasladarse, utilizando el resto de la propiedad. Así mismo puede utilizar la franja arbórea que se mantendrá.	Durante la fase de construcción. 6 meses	El costo esta incluido dentro del proyecto	Desarrollador, Profesional Responsable y Regente Ambiental	Verificación de altura de edificios.  Verificar calculos sobre evacuación de pluviales.	- Adecuación de la infraestructura en el contexto mediante la arborización de las zonas aledañas.  - Respeto del diseño constructivo, el cual tomara en cuenta todas las características implícitas que presenta el área en donde se desarrolla el proyecto.  - Hacer conciencia en los desarrolladores que el proyecto será exitoso en la medida que el mismo se desarrolle en forma armónica con el media ambiente.  - Efectuar un control adecuado de las aguas pluviales.
Tratamiento de aguas servidas	Agua Superficiales Aguas Subterráneas Suelo	Contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por derrames de aguas servidas no tratadas.  Contaminación del suelo por derrames de aguas servidas no tratadas	Reglamento de Vertidos y Reúso de Aguas Residuales. Capítulos I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII.	Hacer la correspondiente conexión a la planta de tratamiento de aguas servidas acorde a las necesidades que presentan los edificios.  Darle un mantenimiento adecuado a la planta de tratamiento con el fin de que la misma funcione en forma idónea.  Velar por que las instalaciones	Todo el tiempo que dure el proyecto, o sea durante las fases de construcción y operación	El costo esta incluido dentro del desarrollo del proyecto	Desarrollador, Profesional Responsable y Regente Ambiental	Habrà una planta de tratamiento la misma se inspeccionarà cada dos meses para valorar su funcionamiento.  Se revisara la calidad del efluente por medio de pruebas quimicas.	- Conectar los edificios a construir a la de planta de tratamiento y darle el adecuad mantenimientos.  - No se permitirá el uso de tanques sépticos.  - Velar por que las letrinas móviles sean evacuadas dentro de un periodo de tiempo idóneo

				<p>mecánicas se mantengan y funcionen de forma satisfactoria.</p> <p>En la fase de construcción se deberá utilizar letrinas móviles para los trabajadores.</p>					<p>- Verificar por lo menos bimestralmente que los efluentes de la planta presentan un grado de purificación acorde a las normas establecidas por el MSP</p>
Evacuación de aguas pluviales	<p>Agua</p> <p>Suelo</p>	<p>Una mala evacuación de las aguas podría generar problemas de arrastre de sedimentos en el área del proyecto</p>	<p>Ley de Construcciones Art. 4, 27, 44, 56, 58, 71.                  Reglamento de Construcciones. Capítulos II, IV, V, VIII, IX, XI, X, XIV, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XXX, XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV.                  Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos. Art. 20, 22, 23, 33, 44, 52.                  Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelo. Art. 1, 2, 58, 67, 68, 72, 73, 74, 75, 82, 88.</p>	<p>Establecer un sistema de evacuación de pluviales, que separe las aguas provenientes de la infraestructura y la redirija hacia los colectores del proyecto.</p> <p>Utilizar disipadores de energía a la salida de las aguas pluviales para no provocar problemas de erosión</p> <p>Establecer sistemas de contención artificiales y naturales de sedimentos, por si el sistema de evacuación no funciona adecuadamente</p>	<p>Todo el tiempo que dure el proyecto, o sea durante las fases de construcción y operación</p>	<p>El costo esta incluido dentro del desarrollo del proyecto</p>	<p>Desarrollador, Profesional Responsable y Regente Ambiental</p>	<p>Verificar calculos sobre evacuación de pluviales.</p>	<p>- Implementación de un sistema de evacuación de pluviales como el propuesto.                  Para la salida de las aguas pluviales, es de esperar que algunas aguas viajen el cordon de caño existente, y en el caso que requiera, se debe de tener un adecuado sistema disipador de energía, para evitar la erosión excesiva en la zona del cauce donde desfogan.</p> <p>- Es de suma importancia hacer un control de la escorrentía natural, una vez construidos los accesos, pues las aguas pluviales pueden afectar sitios en donde se abra camino.</p> <p>- Evitar a toda costa el discurrimiento de aguas pluviales sin encauzar.</p> <p>- Colocar medidas mitigadoras de arrastre de sedimentos.</p> <p>Establecer medidas para aprovechar lo máximo posible las aguas de lluvia para ser utilizadas en diferentes formas dentro del proyecto.</p>
Generación de desechos sólidos y líquidos	<p>Suelo</p> <p>Aguas</p> <p>Fauna</p> <p>Paisaje</p>	<p>Contaminación del medio por generación y mal manejo de los desechos producidos por el proyecto.</p>	<p>Reglamento de Vertidos y Reúso de Aguas Residuales. Capítulos I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII.</p>	<p>Establecer un sistema de recolección y tratamiento de desechos sólidos durante la construcción y operación del proyecto.</p> <p>Colocar recipientes de plástico debidamente identificados para la recolección de los diferentes desechos por parte de funcionarios y estudiantes.</p> <p>Implementar un sitio en el cual se pueda dar la acumulación de los desechos para su posterior clasificación y tratamiento.</p> <p>Llevar a cabo una campaña permanente de concientización en los trabajadores del proyecto en la fase constructiva y a</p>	<p>Todo el tiempo que dure el proyecto, o sea durante las fases de construcción y operación</p>	<p>El costo esta incluido dentro del desarrollo del proyecto</p>	<p>Desarrollador, Profesional Responsable y Regente Ambiental</p>	<p>La basura que se acumula en el AP se sacará los días lunes y miércoles por la mañana. De previo se clasificara para efectos de reciclaje.</p> <p>Habrà una planta de tratamiento la misma se inspeccionarà cada dos meses para valorar su funcionamiento.</p> <p>Se revisara la calidad del efluente por medio de pruebas quimicas</p>	<p>- Instalación de basureros, como centros de acopio, puesta en práctica de un sistema efectivo de recolección y tratamiento.</p> <p>- Conexión de los edificios hacia la planta de tratamiento de aguas servidas.</p> <p>- Colocación de letrinas móviles durante la fase de construcción.</p> <p>- Se efectuara una campaña de educación a funcionarios y estudiantes.</p> <p>-Establecer las acciones que se requieran con el municipio o con el ente encargado de la recolección de los desechos para dar a estos el tratamiento necesario.</p>

				<p>los habitantes en la fase de operación de la necesidad de emprender acciones concretas en lo que a reciclaje de desechos se refiere.</p> <p>Establecer técnicas constructivas y utilizar materiales que generen poco o ningún desperdicio.</p>					- Minimizar el volumen de desechos que se generen en el proyecto
Alteración en el paisaje	Suelo Aguas Fauna Paisaje	Cambio en el paisaje que presenta el área en donde se desarrolla el proyecto.	<p>Ley de Construcciones Art. 4, 27, 44, 56, 58, 71. Reglamento de Construcciones. Capítulos II, IV, V, VIII, IX, XI, X, XIV, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX, XXX, XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV. Ley de Aguas. Art. 1, 6, 7, 8, 10, 69, 75, 145, 146. Ley de Conservación de la Vida Silvestre. Art. 14, 18, 82, 83, 132. Ley de Biodiversidad</p>	<p>Eliminar únicamente la vegetación que sea estrictamente necesaria.</p> <p>Revegetar áreas con el fin de volver a dar al sitio una conformación lo más semejante posible a la actual.</p>	Después de la fase de construcción	El costo esta incluido dentro del desarrollo del proyecto	Desarrollador, Profesional Responsable y Regente Ambiental	<p>Verificación de altura de edificios.</p> <p>Verificar calculos sobre evacuación de pluviales.</p> <p>No se eliminaran arboles de especies protegidas.</p> <p>Llevar un conteo de especies que sea necesario reubicar.</p>	<p>- Adecuación de la infraestructura en el contexto mediante la arborización de las zonas aledañas.</p> <p>- Respeto del diseño constructivo, el cual tomara en cuenta todas las características implícitas que presenta el área en donde se desarrolla el proyecto.</p>
Levantamiento de la infraestructura	Población	Afectación por puesta en marcha del proyecto	<p>Código de Trabajo. Art. En términos generales todos. Ley sobre Riesgos del Trabajo. Art. Del 193 al 273.</p>	<p>Priorizar la contratación de trabajadores de la zona</p> <p>Incremento de las relaciones económicas entre los usuarios de los edificios y la comunidad</p> <p>No eliminación de especies vegetales</p> <p>Disminución de desechos y basura Uso adecuado de recursos</p>	Todo el tiempo que dure el proyecto	El costo esta incluido dentro del desarrollo del proyecto	Desarrollador y Regente Ambiental	<p>Se hará el Plan de Salud Ocupacional por un ente experto en el tema. El número de incidentes no será mayor al 5%.</p> <p>Se hará el Plan de Seguridad Laboral por un ente experto. El número de incidentes no será mayor al 5%.</p> <p>La basura que se acumula en el AP se sacará los días lunes y miércoles por la mañana. De previo se clasificara para efectos de reciclaje</p>	<p>-Potenciar la contratación de mano de obra local tanto en la etapa de construcción, como en la etapa de operación.</p> <p>- No eliminar especies de vegetación existentes no serán eliminadas y en caso de que se requiera, se tramitará el respectivo permiso ante la entidad correspondiente.</p> <p>- Los desechos generados por los nuevos edificios se incorporarán al programa de reciclaje de la UNA y serán transportados por el servicio de recolección de basura.</p> <p>- Se trabajará para crear concientización entre los estudiantes y funcionarios para implementar un uso más efectivo de los recursos, de manera que los servicios básicos se utilicen de manera racional.</p>

### 5.10. Monitoreo - Regencia

Se considera que el monitoreo o regencia se debe llevar a cabo por al menos un profesional, que se haga cargo de los aspectos ambientales, de forma que efectue acciones, con el fin de aplicar en forma oportuna y puntual las medidas que se requieran para la buena marcha del proyecto. Se recomienda una visita semanal en la etapa constructiva y una visita quincenal cuando este en operación, en los primeros seis meses y posteriormente una visita mensual por al menos 6 meses. Cuando sea necesario se harán pruebas de los diferentes componentes del medio para determinar que los mismos no están siendo afectados por el desarrollo del proyecto. Estas pruebas podrán ser estudios de aguas, de operación y funcionamiento de la planta de tratamiento, de emisión e intensidad de sonidos, de producción de desechos, o lo que se requiera.

En cuanto a la periodicidad de las mismas, no se estima de previo, ya que se considera que están en interrelación directa con el desarrollo del proyecto, y en la medida que este se ejecute, así se podrán efectuar. Se debe tener claro que este tipo de pruebas, se llevan a cabo con el fin de disponer una base de sustento para mejor resolver, y tomar las decisiones correctas en caso de detectar alguna anomalía.

#### Objetivos

- a) Constatar que la empresa que desarrollara la actividad cumpla con los lineamientos que se propusieron inicialmente.
- b) Que los impactos ambientales que se contemplaron se mantengan dentro de lo preestablecido, y si se incrementan, señalar las medidas para mitigarlos
- c) En el caso de presentarse algún tipo de que no se haya contemplado en el marco del estudio, señalar las medidas a ser tomadas por la empresa constructora y los desarrolladores del proyecto

#### Acciones a tomar

Las acciones que se tomen están directamente relacionadas con las situaciones que se den, sin embargo se pueden identificar las que se presentan en el cuadro de PPGA.

### 5.8. Cronograma de ejecución

A continuación se presenta un Cronograma del tiempo en que se presentan las medidas de mitigación que se pretende implementar a partir de la puesta en inicio del proyecto. Se propone un plazo mayor al que se desarrollará el proyecto, como una salvaguarda que el mismo se prolongue por alguna circunstancia especial, y abarcando el inicio de la fase de operación.

**Cuadro N° 5.5.**

PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y Terápias Complementarias  
 Medidas de Mitigación. Cronograma de Implementación

	Meses					
	1	2	3	4	5	6
<b>Actividad</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Eliminación únicamente de vegetación seleccionada	<b>X</b>					



Movimiento de tierras ordenado	X	X				
Utilización de un sistema constructivo amigable con el medio	X	X	X	X	X	
Utilización de maquinaria de tipo pesado y liviano	X	X	X	X	X	
Mantenimiento equipo en buen estado	X	X	X	X	X	
Manejo de aguas residuales mediante planta de tratamiento	X	X	X	X	X	X
Disposición de aguas pluviales de forma adecuada	X	X	X	X	X	X
Recuperación zonas verdes y revegetación de áreas de interés					X	X
Manejo de desechos mediante dispositivos de recolección y adecuada disposición.	X	X	X	X	X	X
Puesta en práctica de una campaña para concienciar sobre el manejo de desechos.	X	X	X	X	X	X
Riesgo ante amenazas naturales	X	X	X	X	X	X

#### 5.12. Costos de la Gestión Ambiental

Las acciones incluidas dentro del Plan de Gestión Ambiental forman parte del desarrollo del mismo proyecto: áreas verdes, siembra de coberturas, recuperación del paisaje, diseño de sitio, y de obra civil, conformación y control de escorrentía, etc. no conllevará gastos económicos extras, se incluyen dentro del costo del proyecto, siendo esencialmente el único costo el salario del Regente Ambiental, el cual se señala a continuación:

Precisando gastos generales para seis meses

Regente Ambiental                      \$400,00 por visita al Área del Proyecto

Se recomienda al menos una visita mensual en la etapa de construcción.

$\$400,00 \times 6 = \mathbf{\$2\ 400,00}$  por seis meses

Cabe destacar de igual manera, que la regencia ambiental deberá de extenderse durante todo el proceso constructivo de las Obras Deportivas.

#### 5.13. Plan de contingencia

Dadas las condiciones y características del proyecto, y el como se ejecutara, y después de efectuar un análisis del mismo, no se considera que existan fuentes de riesgo ambiental, o en otras palabras no se determina la existencia de sitios potenciales de significativa contaminación o degradación del ambiente. Únicamente se puede señalar que solo la planta de tratamiento, podría dar eventualmente algún tipo de problema, sin embargo, lo anterior es muy poco probable dado que para la construcción de la misma se seguirán las normas establecidas.

Cabe recordar, que a lo largo del estudio se ha señalado que la implementación del proyecto, guarda una armonía muy grande con las condiciones ambientales en donde se desarrolla, y que la conservación del medio es fundamental para el proyecto en sí.

Durante la fase de construcción se tomaran las medidas necesarias para evitar al máximo la ocurrencia de accidentes, el sitio de trabajo deberá contar con su respectivo señalamiento y un plan de salud ocupacional a los trabajadores se les exigirá el uso de equipo de protección personal, tal como chalecos reflectivos, cascos, arnés, tapones u orejeras para los oídos, anteojos protectores, guantes, zapatos con puntera de acero, etc.

En caso de ser necesario, se deberá de coordinar reuniones con el Regente Ambiental y el Responsable Ambiental del contratista para que se aclaren dudas en relación a los compromisos ambientales adquiridos durante el proceso de obtención de la viabilidad ambiental, de manera que se trate de evitar problemas desde la parte ambiental provocados por los obreros.

Así mismo el profesional en salud ocupacional deberá de desarrollar obras tales como un Plan contra incendios, señalización de zonas de paso peatonal, señalización vial en las vías que brindan acceso al AP, áreas de peligro y Planes de evacuación en caso de sismos, accidentes laborales, sismos, etc.

También se implantará un plan de contingencia en caso de eventos de gran envergadura en coordinación con las instituciones competentes tales como la Comisión Nacional de Emergencia, Ministerio de Salud, entre otras.

Así mismo, como se ha detallado anteriormente, se deberá de informar de zonas de peligro y zonas de accesos restringidos para evitar cualquier accidente, mediante rotulación adecuada para cada situación. Se deberán de elaborar rótulos legibles con dimensiones que faciliten su lectura.

La UNA deberá de suministrar los protocolos de conducta, seguridad ocupacional y otros que considere necesario, para que el contratista informe a los trabajadores del proyecto para que las obras se desarrollen sin mayores inconvenientes.

#### **5.14. Síntesis de los compromisos ambientales del proyecto**

En un aparte precedente se presentaron en forma global los compromisos ambientales, que se están asumiendo para cada uno de los factores ambientales impactados, por lo que a continuación se retoman nuevamente.

##### **En el Medio Físico**

###### **Suelos**

El movimiento de tierras se efectuara de forma puntual y directa, de modo tal que se efectuó únicamente en aquellos sitios que así lo requieran. El mantenimiento de la maquinaria pesada y liviana que se utilizara, debe hacerse en un sitio en el cual se tomen las medidas necesarias y se acondicione para ello con el fin de mitigar un posible derrame de lubricantes o combustibles que se encuentre fuera del área de proyecto.

En cuanto al drenaje de suelos se aplicara únicamente en aquellos sitios que así lo requieran, o sea es muy puntual y temporal, dado que los mismos se utilizaran para efectos constructivos.

En cuanto a la erosión se aplicaran medidas de contención de tipo Silf fense, trampas de sedimentos artificiales, barreras retenedoras de tipo natural, etc., sin embargo, el movimiento que se efectuó será de tipo directo, puntual, y rápido, el material excavado se dispondrá y se maneja de forma tal que no se de el movimiento de partículas de suelo.

#### **Aguas Superficiales**

En caso de que se de un derrame de hidrocarburos, potencialmente el producto del mismo podría dirigirse hacia el curso fluvial colindante con el área de proyecto, por medio de uno de los pequeños cursos de agua que se generan en la propiedad producto de la escorrentía, sin embargo, se espera que lo anterior no suceda ya que se tomaran las medidas para evitarlo, y que se han señalado precedentemente, tal como utilización de un sitio especial para ello.

Situación similar a lo anterior sucede con las partículas en suspensión y la posible contaminación por derrame de aguas residuales, no obstante se tomaran las medidas pertinentes, las cuales consisten en confinar la fuente contaminante, en un sitio del cual no se pueda propagar.

#### **Aguas Subterráneas**

Para proteger las aguas subterráneas se deberá instalar letrinas provisionales durante el proceso constructivo, por otra parte no se debe permitir el derrame de líquidos de desecho contaminante. Una vez concluido el proyecto, el sistema de tratamiento por medio de planta, se ha probado brinda un tratamiento completo de las mismas, por lo que es poco improbable se presenten problemas de contaminación, no obstante se tomaran las medidas que se consideren pertinentes para evitar cualquier tipo de contingencia. Para ello se pondrá en práctica un proceso de confinamiento de los vertidos mediante barreras de contención

#### **Atmósfera**

Se mantendrá un control estricto sobre la maquinaria y equipos que se utilicen en la construcción, a fin de evitar contaminación por gases y combustibles dentro del área del proyecto, velando por que los filtros se mantengan en buenas condiciones.

Así mismo, solo se permitirá la reparación de los equipos o su mantenimiento fuera del proyecto, en un sitio especialmente para ello. Lo anterior se aplicara también con el fin de que los equipos no produzcan más ruido que el normal.

En cuanto a la emanación de partículas de polvo u otros elementos se tratara que en esta fase se produzcan lo menos posible especialmente aquellos producto de la utilización de materiales tales como fibrocemento, madera, plicen u otros, se tomaran medidas con el fin de confinar el polvo que se presente y después disponerlo de forma adecuada.

#### **Biológicos**

##### **Ambiente Terrestre**

##### **Vegetación**

Se delimitará en campo perfectamente y de manera que sea vistoso, cada una de las áreas a abrir, a efecto de que si se llegase a eliminar vegetación, se elimine justamente la necesaria.

En las áreas verdes se revegetará con especies arbóreas propias de la localidad; para ello podrán utilizarse las identificadas en el presente estudio, o cualquier otra a la que se tenga acceso, siempre y cuando sea de crecimiento natural en la Zona de Vida que corresponde al área.

Durante las labores de construcción se vigilará las actividades de los trabajadores a efecto de que ninguna de estas consista en la extracción de especímenes vegetales o el maltrato innecesario a algún árbol.

### **Fauna**

Mientras se esté en etapa de Construcción, las labores iniciarán a las siete de la mañana y terminará a las cinco de la tarde, para evitar la menor cantidad de molestias, especialmente ruido y olores extraños a las poblaciones de aves cuyas actividades inician muy temprano o a los mamíferos crepusculares.

También se vigilará la actividad de los trabajadores, para prevenir que alguno de estos genere incomodidades a la fauna local, persiguiéndola por mera diversión o quizás causándole daños físicos innecesarios. Se advertirá antes del inicio de las obras a los trabajadores, que no es permitido eliminar ningún tipo de especie, y si se da el caso de encontrar una determinada especie se retira del área de proyecto siguiendo los protocolos que existen para ello, y bajo la coordinación con el personal del Área de Conservación correspondiente.

Los trabajadores deberán disponer un área de comedor en el que deben contar con recipientes para disponer la basura producida, de manera que esta no tendrá que estar dispersa por el área, y de esta forma incidir en el cambio alimenticio de las pocas especies que habitan el área del proyecto.

### **Ambiente acuático**

La afectación del aspecto biológico en su parte acuática se puede dar esencialmente por la generación de partículas que incidan en la turbidez que pueda presentar el curso fluvial colindante. Ya se ha mencionado que se utilizaran una serie de medidas para evitar la llegada de las partículas al río.

### **Ambiente Socioeconómico**

Como medida de mitigación de los impactos negativos, o bien, de potenciar los impactos positivos, se recomiendan las siguientes medidas:

Que se definan mecanismos de control que garanticen el cumplimiento de todas las medidas, normas, regulaciones y legislación existentes, para de esa forma garantizar una buena ejecución del proyecto.

En la medida de lo posible la mano de obra que se utilice en la construcción y operación, se buscare que sea originaria de la zona, lo cual implica capacitar adecuadamente a las personas en materia ambiental, e inculcarles la necesidad de guardar las precauciones necesarias para evitar la ocurrencia de posibles accidentes de carácter laboral.

Un proyecto de esta naturaleza fomentara que la economía de la región se dinamice dado que se incrementa el intercambio de bienes y servicios, mediante la actividad comercial, dado que el proyecto y sus usuarios se convertirán en demandantes potenciales de los mismos.

Que el desarrollador del proyecto se ponga en contacto con la Municipalidad de Heredia, y las organizaciones sociales de la zona, así como los grupos organizados dentro del ámbito universitario, para darles a conocer las características del proyecto y aclarar dudas al respecto, así como para elaborar un plan de acción en caso de suceder alguna emergencia.

#### **Desechos**

Como medida de mitigación de los impactos que provoquen los desechos sólidos generados por el proyecto, se dispondrá de sitios para el depósito de los mismos. En lo que se refiere a desechos producidos por los trabajadores producto de su alimentación serán recogidos y evacuados hasta un punto en que sean almacenados, para posteriormente sacarlos del área de proyecto, hasta un punto en el cual sean recolectados por el municipio de la zona. Se efectuarán acciones tendientes a separar los desechos de acuerdo a su origen con el fin de reciclarlos

En cuanto a las aguas residuales es necesario señalar que serán tratadas mediante una planta diseñada especialmente para tal fin, con un amplio margen de seguridad en cuanto a su funcionamiento, por lo que es poco probable, que se pueda generar un derrame significativo que pueda poner en peligro el área, por otra parte la planta tendrá un plan de mantenimiento permanente.

Por otra parte, se deberá disponer de todos los desechos vegetales en sitios escogidos de previo dentro del área de proyecto en las etapas de construcción y operación, para un proceso de descomposición natural.

#### **Paisaje**

Es un hecho de que se tendrá un cambio en el paisaje debido al levantamiento de la infraestructura que se edificara, pero se respetara en todo lo que esté al alcance de provocar cambios mínimos en cuanto a vegetación eliminada, para lo cual se tomara en cuenta el levantamiento forestal que se realizó en el área de proyecto.

Por otra parte el diseño de las edificaciones se hará de forma tal que guarde una correlación con las características del área, teniendo las mismas un acabado rustico, que no rompa visualmente con lo existente.

### 5.15. Referencias Bibliograficas.

Alvarado, G.E., 1993: **Vulcanology and petrology of Irazú volcano, Costa Rica**. -261 págs. Univ. de Kiel, Alemania [Tesis Doctorado].

Alvarado, G.E., Pérez, W. & Sigarán C., 2000: **Vigilancia y peligro volcánico**. -En: Denyer, P. & Kussmaul, S. (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. -págs 251-272.

Aparicio, F. 1992. **“Fundamentos de Hidrología de Superficie”**; Editorial Limusa; México D.F

Arredondo, S., 1994: **Aguas subterráneas y fuentes termales** - en Denyer, P. & Kussmaul, S. (compiladores), 1994: Atlas Geológico de la Gran Área Metropolitana, Costa Rica - Edit. Tecnológica de Costa Rica: 197-210.

BGS - SENARA, 1985: **Mapa Hidrogeológico del Valle Central de Costa Rica, escala 1:50000**.

Bolaños, R y Watson, V. (1999). **Mapa ecológico de Costa Rica: según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge**; Centro Científico Tropical; Escala 1:200.000. Edición 2006. San José, Costa Rica.

Carrillo, E., G. Wong, y A.D. Cuarón. 2000. **Monitoring mammals populations in costarican protected areas under different hunting restrictions**. Conservation Biology 14(6): 1580-1591.

Chow, Ven Te. 1994. **Hidrología Aplicada**. Colombia: Editorial McGraw-Hill.

Chow, Ven Te. 1994. **Hidráulica de Canales Abiertos**. Colombia: Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A.

David, L. and Jr. Ross. 2001. **Costa Rican bird song: an identification guide**. A Zona Tropical Production. San José, Costa Rica.

Denyer, P. & Arias, O., 1991: **Estratigrafía de la Región Central de Costa Rica** - Rev. Geól. América Central (12): 1-59pp.

Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G.E., 2003: **Atlas tectónico de Costa Rica**. -1 ed. -Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, C.R. -79 págs.

Dunne, T; Leopold, L. 1978. **“Water in Environmental Planning”**; W.H. Freeman and Company, Estados Unidos.

Fernández, M. & Rojas W., 2000: **Amenaza Sísmica y por Tsunamis**. -En: DENYER, P. & Kussmaul, S. (comp): Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. -págs 287-301.

Holdridge, L.R. (1967). **Life Zone Ecology**. CCT. San José.

Holdrige, L. y L. Poveda. 1975. **Arboles de Costa Rica**. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica 545 p.

INBio, (2013). **Especies Florísticas endémicos, amenazadas, poblaciones reducidas y en peligro de extinción de Costa Rica**. Sistema de consulta al sistema Atta. <http://atta.inbio.ac.cr>.

INBio. (2013). Página Web en Internet: <http://www.inbio.ac.cr/>

INEC, (2013). *Sistema de consulta en línea del X Censo Nacional de Población y del VI Censo Nacional de Vivienda, 2011* (<http://www.inec.go.cr>)

Jiménez García, Fabio A. 2005. **“Modelo de Diseño de Sistemas de Alcantarillado Pluvial Urbanos, con una Aplicación en MS Excel”**. Tesis de licenciatura, Ingeniería en Construcción, ITCR, Noviembre 2005.

Jiménez, Q. 1999. **Arboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica**. Instituto Nacional de Biodiversidad. Heredia, Costa Rica.

Koller L. 1977. **Hidrología para Ingenieros**. Colombia: Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A.

Lamprecht, H. 1990. **Silvicultura en los Trópicos: los ecosistemas forestales y sus especies arbóreas**,

Martín V, Juan P. 2003. **Ingeniería de Ríos**. España: Ediciones UPC, S.L.

MIDEPLAN-COMEX. (2007). *Decreto Ejecutivo N° 34160 "Define Índice de Desarrollo Social denominado IDS"*. San José: Imprenta Nacional - La Gaceta N° 250 del 28 de Diciembre del 2007.

MINAE (1998). **Lista de Fauna con Poblaciones Reducidas** DECRETO N° 26435-MINAE, publicado en la gaceta el 3 de diciembre de 1997.

MINAE-MN-INBio. 1998. **Estado de la Diversidad Biológica: Actualización**. [www.minae.go.cr/estrategia/Estudio\\_Pais/estudio](http://www.minae.go.cr/estrategia/Estudio_Pais/estudio).

Montero, W., 2001: **Neotectónica de la región central de Costa Rica: frontera oeste de la Microplaca de Panamá**. -Rev. Geol. de Amér. Central, 24: 29-56.

Murillo, Rafael. 1994. **“Estudio de Intensidades de lluvia en la cuenca del río Virilla”**. Tesis para optar por el grado de licenciatura en ingeniería civil, Universidad de Costa Rica. 1994.

Novak. P, A.I.B. Moffat, C. Nalluri. 1996. **Estructuras Hidráulicas**. Colombia: Editorial McGraw-Hill.

Paniagua, S., 1993: **Mapa de amenaza volcánica de la Gran Área Metropolitana, escala 1:200 000**. En: Denyer, P. & Kussmaul, S. (Comp): Atlas geológico del Gran Área Metropolitana. Editorial tecnológica de Costa Rica, Cartago.

Peraldo, G. & Montero, W., 1999: **Sismología histórica de América Central**. -347 págs. IPGH, México.

Ralph, C., G. Geupel, P. Pyle, T. Martin, D. DeSante y B. Mila. 1996. **Manual de método de campo para el monitoreo de aves terrestres**. General Technical Report, Albany, California: Pacific Southwest Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. U.S.A. 63p.

Robert L. Mott. 1996. **Mecánica de Fluidos Aplicada**. México: Editorial PEARSON.

Rodríguez Piña, Ernesto. 1989. **“Revisión de Métodos de Diseño Hidrológico e Hidráulico de Alcantarillas para Carreteras”**. Tesis de licenciatura, Ingeniería Civil, UCR, Agosto 1989.

Rojas Morales, Nazareth 2011. **“Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas automáticas”**; Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica.

Sánchez-Vindas, P y L. Poveda. 1999. **Árboles y Palmas del Atlántico de Costa Rica, Claves dendrológicas**. Editorial Guayacán. San José Costa Rica. 140 p.

Stiles , G y A. Skutch. 2007. **Guía de Aves de Costa Rica**. INBio. Heredia, Costa Rica. 686 p.

UICN. 2012. The UICN **Red List of Threatened Species, Costa Rica**. <http://www.iucnredlist.org/search> .

UNA (2013). *Memorias descriptivas de los proyectos de desarrollo de infraestructura propuestas por la Universidad Nacional para los campus “Omar Dengo”, “Benjamín Núñez”, “Liberia”, “Nicoya”, “Sarapiquí”, “Pérez Zeledón”, “Coto” y el “Centro de Recreo”*.

UNA (2013). *Sistema de consulta en línea de la oferta académica de la Universidad Nacional en las distintas sedes regionales (<http://www.una.ac.cr/index.php/m-carreras>)*.

UNA (2013). *Universidad Nacional 1973-2013: 40 años de educación superior por el bien común ([http://www.una.ac.cr/campus/ediciones/2013/suplementos/aniversario\\_40.pdf](http://www.una.ac.cr/campus/ediciones/2013/suplementos/aniversario_40.pdf))*.

Vahrson y Alfaro. 1995. **Intensidad, Duración y Frecuencia de Lluvias Para Diferentes Zonas del País**. San José.

Vahrson W.-G., Arauz I, Chacón R., Hernández G, Mora S.1990. **“Amenaza de Inundaciones en Costa Rica; América Central, Comentarios al Mapa 1:500.000”**. Informe a la Comisión de Emergencia Nacional (CNE) y al Centro de Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC)

Villón Bejar, Máximo. **“Hidrología”**. Editorial Instituto Tecnológico.

**Páginas de internet consultadas:**

<http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml>

<http://www.iucnredlist.org/>



***CAPITULO VI MARCO JURÍDICO QUE REGULA LA  
GESTIÓN AMBIENTAL EN COSTA RICA***

***PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO  
HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS***

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

***2014***

**CUADRO 6.1**  
**RESUMEN DEL MARCO JURIDICO QUE AFECTA AL PROYECTO**

<b>Instrumento Jurídico</b>	<b>Numero y promulgación</b>	<b>Publicación</b>	<b>Orden (calificación de la regulación)</b>	<b>Artículos aludidos</b>	<b>Restricciones, sanciones, o beneficios</b>	<b>Explicación de influencia en el proyecto</b>
Ley de Aguas	Nº. 276 de 27 de agosto de 1942	Publicada en la Gaceta Nº 190 de 28 de agosto de 1942	<b>B</b>	1, 6, 7, 8, 10, 69, 75, 145, 146,	Señala las pautas para el aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas, y la necesidad de obtener concesión para su aprovechamiento. También se refiere al aprovechamiento de las aguas públicas para efectos de navegación. Así como las medidas para la conservación de árboles para evitar la disminución de las aguas.	Da la pauta para el aprovechamiento de las aguas, y las restricciones que las mismas soportan.
Reglamento de Perforación y Explotación de Aguas Subterráneas	30387-MINAE-MAG	La Gaceta Nº 104 del 31 de mayo del 2002	<b>C</b>	7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	Indica los pasos, requisitos y las sanciones que se necesitan, así como las pautas técnicas para efectuar la perforación en forma adecuada.	Da los lineamientos para perforar pozos para la extracción de agua
Ley de Construcciones	Decreto Ley Nº 833 del 2 de noviembre de 1949	Año 1949, sem 2, tom 2, pag. 637	<b>B</b>	4, 27, 44, 56, 58, 71,	Fija en términos muy generales lo referente a la construcción de obras, por lo que implica al proyecto como tal. Y dicta algunas restricciones en cuanto a alturas, evacuación de aguas residuales, etc.	Señala los lineamientos generales para desarrollar proyectos constructivos.

Instrumento Jurídico	Numero y promulgación	Publicación	Orden (calificación de la regulación)	Artículos aludidos	Restricciones, sanciones, o beneficios	Explicación de influencia en el proyecto
Reglamento de Construcciones		Publicada en la Gaceta Nº 56, Alcance Nº 17 del 22 de marzo de 1983	B	Capítulos II, IV, V, VIII, IX, XI, X, XIV, XX, XXI, XXII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI, XXVII, XVIII, XXIX, XXX, XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV.	Norma <b>absolutamente todo</b> lo referente a la construcción de obras, cubriendo desde aspectos meramente constructivos hasta obligatoriedad por parte del desarrollador para con los trabajadores	Es complementario a las disposiciones contenidas en la Ley de Construcciones con la adición de otros reglamentos publicados
Ley General de Caminos Públicos	Nº 5060	Publicada en la Gaceta Nº 158 del 5 de septiembre de 1972	B	7, 13, 20, 21, 30, 31, 32	Dado que el proyecto se construye en una zona con relativo poco acceso, estos artículos señalan las obligaciones que se deben tener en caso de que se considere oportuno construir algún camino en el área de proyecto	La ley señala cuales y como están compuestos los diferentes caminos de acceso existentes, así como las obligaciones que tienen los propietarios de las tierras por donde pasen
Reglamento de Vertidos y Reuso de Aguas Residuales	Decreto Ejecutivo Nº 26042-S-MINAE del 14 de abril de 1997	Publicado en la Gaceta Nº 117 del 19 de junio de 1997	C	Capítulos I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII.	Señala como se debe realizar el control sobre los vertidos, los límites máximos de contaminación y la periodicidad del muestro	Al utilizar el proyecto planta de tratamiento debe de adoptar la normativa de forma integral sobre vertidos y reuso de aguas residuales.
Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos	Nº 7779 del 30 de abril de 1998	Publicado en la Gaceta Nº 97 del 21 de mayo de 1998	B	20, 22, 23, 33, 44, 52	Obligatoriedad de proteger y efectuar practicas adecuadas para conservación de suelos, especialmente escorrentía y contaminación, y las consecuencias de presentarse situaciones anormales	Da la pauta para la protección, conservación y mejoramiento de los suelos

Instrumento Jurídico	Numero y promulgación	Publicación	Orden (calificación de la regulación)	Artículos aludidos	Restricciones, sanciones, o beneficios	Explicación de influencia en el proyecto
Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos	Decreto ejecutivo N° 29375 MAG-MINAE-S-HACIENDA-MOPT del 8 de agosto del 2000	Publicado en la Gaceta N° 57 del 21 de marzo del 2001	<b>C</b>	1, 2, 58, 67, 68, 72, 73, 74, 75, 82, 88.	Establece las prohibición de efectuar quemas, así como evitar la contaminación de los suelos, también indica el manejo de aguas que se debe hacer para evitar la erosión que se pueda producir por movimientos de tierra	Señala la necesidad de conservar y mejorar los suelos, evitar la erosión y degradación que se dé por diversas causas naturales o artificiales, de forma que se lleve a cabo un manejo integrado y sostenible de los suelos en armonía con los demás recursos y riquezas naturales en todo el territorio nacional
Ley de Conservación de la Vida Silvestre	N° 7317 del 30 de octubre de 1992	Publicada en la Gaceta N° 235 del 7 de diciembre de 1992	<b>B</b>	14, 18, 82, 83, 132	Indica sobre la protección que hay que tener con la vida silvestre, y las restricciones sobre actividades como caza y pesca y comercio. También indica las restricciones existentes sobre los refugios de vida silvestre	Establece las regulaciones sobre la vida silvestre tanto continental, insular y marítima.
Reglamento a Ley de Conservación de la Vida Silvestre	Decreto ejecutivo N° 26435-MINAE del 01 de octubre de 1997	Publicado en la Gaceta N° 233 del 3 de diciembre de 1997	<b>C</b>	Del 80 al 104	Define todo, lo relacionado con el uso que se puede efectuar en un Refugio de vida Silvestre	Establece la reglamentación necesaria para operacionalizar la puesta en práctica la ley
Ley Forestal	N° 7575 del 13 de febrero de 1996	Publicada en Alcance a la Gaceta N° 72 del 16 de abril de 1996	<b>B</b>	2, 19, 33, 34,	Señala las actividades autorizadas y las áreas de protección. La prohibición para talar en áreas protegidas	Indica las restricciones que presentan las áreas forestales.

<b>Instrumento Jurídico</b>	<b>Numero y promulgación</b>	<b>Publicación</b>	<b>Orden (calificación de la regulación)</b>	<b>Artículos aludidos</b>	<b>Restricciones, sanciones, o beneficios</b>	<b>Explicación de influencia en el proyecto</b>
Reglamento a la Ley Forestal	Decreto Ejecutivo Nº 25721-MINAE del 17 de octubre de 1996	Publicado en la gaceta Nº 16 del 23 de enero de 1997	C	Ninguno en específico	Atañe al proyecto en la medida que da los lineamientos para hacer uso del bosque con fines forestales y comerciales , que para el caso de análisis no se llevara a cabo	Establece la reglamentación necesaria para operacionalizar la puesta en práctica la ley
Ley de Biodiversidad	Nº 7788 del 30 de abril de 1998	Publicado en la Gaceta Nº 101 del 27 de mayo de 1998	B	49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 58, 60, 61, 92, 93, 94, 95, 96, 97.	Indica las restricciones para con las especies animales y vegetales. Así mismo señala lo relacionado con las áreas silvestres protegidas, y la necesidad de realizar Estudios de Impacto Ambiental	Señala las pautas para la conservación y uso de ecosistemas y especies. La existencia de áreas de conservación. La necesidad de realizar evaluación ambiental
Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido	Decreto ejecutivo Nº 28718-S del 15 de junio del 2000	Publicado en la Gaceta Nº 155 del 14 de agosto del 2000	C	20, 21, 22, 23, 24, 25, 28.	Señala los parámetros establecidos para la emisión máxima de ruido según las actividades a desarrollar	Da la pauta para la protección de la salud de las personas y del ambiente, de la emisión contaminante de ruido proveniente de fuentes artificiales.
Reglamento para la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de Hidrocarburos	Nº 30131-MINAE-S	La Gaceta Nº 43 01 de marzo de 1992	C	54.6, 54.9.3, 58.1.31, 58.3º	Regula la forma de almacenar y dispensar los combustibles.	Da la pauta en cuanto a los lineamientos a seguir en relación a el almacenamiento de productos especialmente combustibles para la lanchas.

Instrumento Jurídico	Numero y promulgación	Publicación	Orden (calificación de la regulación)	Artículos aludidos	Restricciones, sanciones, o beneficios	Explicación de influencia en el proyecto
Código de Trabajo	Nº 2 del 23 de agosto de 1943	Publicado en la Gaceta Nº 192 del 29 de agosto de 1943	<b>B</b>	En términos generales todos	Señala las obligaciones, y deberes que se deben tener para con los trabajadores que laboren en el proyecto	Influencia el proyecto en las medida que regula la relación trabajador – patrono en las etapas de construcción y operación
Ley sobre Riesgos del Trabajo	Nº 6727 del 24 de marzo de 1982	Publicada en la Gaceta Nº 57 del 24 de marzo de 1982	<b>B</b>	Del 193 al 273	Determina la cobertura que tiene el trabajador en caso de accidente de tipo laboral, así como la remuneración porcentual según las diversas lesiones que se puedan presentar	Señala esencialmente la obligatoriedad del desarrollador del proyecto, que es el patrono, de asegurar a sus trabajadores contra riesgos del trabajo por medio del INS
Ley Orgánica del Ambiente	Ley Nº 7554 del 4 de octubre de 1996	Publicada en la Gaceta Nº 215 del 13 de noviembre de 1995	<b>B</b>	17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 32, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 59, 62, 64, 65, 69	Indica la necesidad de evaluación ambiental, y la potestad del poder ejecutivo por medio del MINAE para establecer Áreas Silvestres Protegidas, y para proteger los recursos marinos, costeros y humedales. Obligatoriedad de proteger el aire, el suelo, y las aguas de la contaminación.	Señala o da la pauta para hacer un uso adecuado del medio ambiente, sean marinos costeros o humedales. Necesidad de proteger los elementos del medio de la contaminación producto de su uso

Instrumento Jurídico	Numero y promulgación	Publicación	Orden (calificación de la regulación)	Artículos aludidos	Restricciones, sanciones, o beneficios	Explicación de influencia en el proyecto
Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	Decreto Ejecutivo N° 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC del 24 de mayo del 2004	Publicado en la Gaceta N° 125 del 28 de junio del 2004	C	Capítulos, II (sección VII, artic. 27, 28, 29)), III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII.	Señala cuales son las evaluaciones a seguir según el tipo de proyecto, y los pasos a seguir para una correcta puesta en práctica desde una perspectiva ambiental. Así mismo señala las consecuencias de ejecutar proyectos sin haber efectuado la tramitología que solicita la SETENA.	Define los requisitos y procedimientos generales por lo que se determina la viabilidad ambiental a las actividades, obras o proyectos nuevos.

## ***CAPITULO VII DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FISICO***

### ***PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS***

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

**2014**



## **7. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO**

### **7.1. Geología o aspectos geológicos regionales**

En el contexto geotectónico regional el AP se ubica dentro de la Cordillera Volcánica Central, sobre una meseta de depósitos de volcánicos de más de 300 000 años de edad, los cuales provienen de la construcción de los edificios volcánicos actuales. Las unidades más recientes constituyen coladas de lavas de origen fisural, sobreyacidos por depósitos piroclásticos de tipo ignimbritas y finalmente coladas de lava y cenizas del volcán Barva.

El basamento del Valle Central está constituido por rocas sedimentarias del Terciario que afloran en los cerros al sur del área metropolitana en el cerro Palomas y Escazú, son sobreyacidas por espesores potentes de varias centenas de metros de una serie de materiales de origen volcánico, originados en una paleo Cordillera durante el Pleistoceno Temprano, se incluyen aquí las lavas e ignimbritas de las formaciones Colima y Tiribí y posteriormente, del Pleistoceno Medio al presente, se han depositado flujos de lavas, lahares y cenizas provenientes de los estratovolcanes actuales Irazú, Barva y Poás que han terminado de cubrir y rellenar la depresión tectónica del Valle Central sobre las que se asientan los principales centros de población del país.

En la zona donde se ubica el proyecto y en general en los alrededores de Lagunilla al sur del centro de Heredia, la mayor influencia proviene del volcán Barva y la Formación Tiribí. Las unidades superiores del AP están conformadas principalmente por depósitos de cenizas, ya alteradas a suelos, que cubren depósitos de ignimbritas espesos.

A continuación se hace referencia a las formaciones geológicas principales de la más antigua a la más reciente que constituyen la estratigrafía volcánica del AP y AID.

#### **Formación Colima o Lavas Intracañón.**

Está constituida por al menos 7 coladas de lavas andesíticas de 10 a 30 m de espesor (Echandi, 1981) y afloran principalmente en los valles profundos de los ríos Virilla, Tibás y Tiribí, han sido identificadas en numerosas perforaciones a lo largo del Valle Central lo que ha permitido delimitar su extensión y variaciones de espesor.

Se divide en el Miembro Linda Vista (Colima Superior) que son andesitas afíricas y Miembro Belén (Colima Inferior) que consiste de andesitas porfíricas con dos piroxenos. En los horizontes fracturados y brechosos de cada miembro se desarrollan los principales acuíferos Colima Superior (junto con el acuífero La Libertad) y Colima Inferior respectivamente.

Dichas unidades de lavas están separadas por el Miembro Puente de Mulas que está formado por ignimbritas de baja permeabilidad y de hasta 80 m de espesor (Losilla et. al., 2001) que funciona como un acuitardo permitiendo la conexión vertical entre los acuíferos Colima. La Formación Colima aflora en el fondo del cañón del río Virilla al sur del AID.

Se calcula que el espesor total de la formación es de 270 m (Echandi, 1981), es sobreyacida concordantemente por los depósitos de la Formación Tiribí. Esta formación geológica se ubica a más de 80 m de profundidad según la profundidad del cañón del río Virilla.

Según Kussmaul (2000) estas lavas son el producto de efusiones a lo largo de fisuras con direcciones NE-SO hasta E-O, ya que su extensión lateral es muy grande. La composición química de estas lavas es diferente a las lavas de los estratovolcanes de la Cordillera Volcánica Central y se asemeja más a la composición de la Formación Tiribí sobre yacente.

#### **Formación Tiribí o Depósitos de Avalancha Ardiente.**

Consiste en extensos depósitos de toba y flujos piroclásticos, flujos de ceniza con bombas escoriáceas, lapilli y clastos líticos, a veces se presenta como ignimbritas muy soldadas, de color gris claro y con fiames negros. Las facies de soldamiento varían tanto vertical como horizontalmente en diferentes puntos del Valle Central. En la base de la unidad se localiza una capa de pómez de caída de hasta 3m de espesor.

El espesor máximo de la formación es de 150 m, tiene una extensión de 500 km<sup>2</sup> y un volumen de 25 km<sup>3</sup> (Kussmaul, 1988). Yace discordante o discontinua a la Formación Colima y a otras unidades sedimentarias del Terciario al suroeste del Valle Central. Es sobre yacida por lahares, piroclastos y lavas procedentes de la Cordillera Volcánica Central, tales como Formación Barva (en el AID) y Lavina del Valle Central al este.

Cerca del AP los mejores afloramientos de esta formación se observan en el cauce del río Bermúdez al norte y además en otros puntos del cañón del río Virilla al sur.

La Formación Tiribí se caracteriza por ser de alta porosidad y una moderada permeabilidad, en las zonas más soldadas la permeabilidad disminuye, actúa como acuitardo regional cuando subyace al acuífero Barba Inferior (SENARA-BGS, 1985). En gran parte del Valle Central cubre al acuífero Colima Superior.

#### **Formación Barba.**

Dentro de esta unidad se agrupan todas aquellas coladas de lavas y depósitos piroclásticos que sobreyacen a la Formación Tiribí al oeste y norte del Valle Central en Heredia, San Antonio de Belén, Alajuela y La Guácima. SENARA-BGS (1985) y Protti (1986) incluyen todos los tipos litológicos que constituyen en la vertiente sur del estratovolcán, los miembros Bermúdez, Porrosatí, Carbonal, Los Ángeles, Los Bambinos y Cráter.

**Miembro Bermúdez:** es la unidad más basal y distal al volcán Barva, son lavas andesíticas blocosas en forma de lenguas con dirección SO, son fracturadas, originan el acuífero Barba Inferior. Las capas de lavas tienen variaciones abruptas en el espesor relacionadas con las depresiones topográficas (SENARA-BGS, 1985). Aflora en el Aeropuerto Juan Santamaría, La Guácima, Barva, en Heredia en el río Pirro y en Barreal en la quebrada Guaría al noroeste del AID.

**Miembro Porrosatí y Carbonal:** son arenas volcánicas gruesas y tobas arcillosas meteorizadas, forman acuitardos de gran extensión que subyacen a los acuíferos locales Barba Superior donde no existen estos acuíferos superiores, estas unidades afloran cubriendo el acuífero Barba Inferior (SENARA-BGS, 1985) y sus depósitos pueden conformar la unidad geológica superior en el AP siendo entonces los más distales de la fuente de origen el volcán Barba. La cobertura de piroclastos se extiende desde la cima del volcán Barva hasta su base, donde se vuelven de granulometría más fina.

La figura N° 1.1 es el mapa geológico regional tomado del Mapa Geológico de la Hoja Abra a escala 1:50 000 del IGN elaborado por Denyer & Arias (1991). La geología del AP se incluye dentro de la unidad denominada Formación Tiribí o Depósitos de Avalancha Ardiente. Al norte del río Bermúdez se extiende la unidad Lavas Pos Avalancha que agrupan al final todas las litologías que conforman a la Formación Barva y en el cañón del río Virilla la Formación Colima o Lavas Intracañón.

### **7.1.1 Aspectos Geológicos Locales**

La unidad geológica superior constituye materiales piroclásticos de caída, que han sido alteradas por efectos de la meteorización, se presentan de color café oscuro a rojizo fuerte, de grano fino a grueso y poco consolidadas, fácilmente erosionables. Los suelos son el producto de la alteración de las rocas de la Formación Tiribí que conforman la geología del sector comprendido entre el río Bermúdez y el río Virilla, donde se ubica el AP. Los mejores afloramientos se observan en el cauce del río Bermúdez al norte del AID. El espesor de suelo puede alcanzar los 5 m y por debajo se localiza la roca sana y dura de ignimbritas. El espesor de esta formación puede alcanzar los 40 m en los alrededores del AP.

### **7.1.2 Análisis estructural y evaluación**

A nivel local en la finca del AP no se observaron fallas geológicas locales que limiten o afecten las unidades geológicas superficiales. Tampoco se observó ninguna tendencia estructural en las rocas, debido principalmente a la mala calidad de las rocas alteradas y a los depósitos de ignimbritas no afectados por procesos tectónicos, además dada las características de la topografía del sitio, no hay evidencia de estructuras geológicas relevantes. La geometría de los depósitos piroclásticos es tabular y sobreyacen en contacto discordante a las lavas subyacentes. No se observaron tampoco contactos litológicos entre unidades. El terreno del AP es plano y hay una ausencia total de afloramientos.

Las unidades geológicas superficiales en el AP son básicamente mantos de cenizas meteorizadas mezcladas con suelos alterados, que descansan sobre gruesas capas de depósitos piroclásticos soldados que tienden a rellenar los espacios o depresiones y en general a suavizar la topografía y los contornos. La forma de estos depósitos es tabular con un piso irregular debido a la geometría de las coladas inferiores. Por lo efectos de la erosión fluvial la geometría original de las unidades ha cambiado.

No hay buzamientos y no hay tendencias estructurales en las unidades geológicas superficiales. Tampoco se observaron fallas geológicas locales o discontinuidades que limiten las unidades, aunque se sabe por la génesis de los materiales, que los contactos son abruptos y a veces transicionales entre unidades volcánicas, cuando existen paleosuelos intercalados se asumen tiempos de relativa quietud en la actividad volcánica y por ende significan discontinuidades entre unidades.

### **7.1.3 Mapa geológico del AP**

La **Figura 7.1**, corresponde con el Mapa Geológico Local del AP y AID de acuerdo con las observaciones e interpretaciones de campo realizadas en la finca del proyecto.

#### 7.1.4 Caracterización geotécnica

Los suelos del sitio se describen con base en el estudio de suelos o geotécnico llevado a cabo por Vieto (2013). Se llevaron a cabo 6 perforaciones mediante el método SPT a cargo de la firma Vieto (Noviembre, 2013). Tuvieron profundidades entre 6,0 y 7,2 m. Se describe el siguiente perfil del suelo:

**Capa 1:** limo con contenido vegetal de color negro, consistencia muy blanda, resistencia seca media. Hasta 45cm de profundidad.

**Capa 2:** arcilla inorgánica de alta plasticidad de color café oscuro (CH), de consistencia variable entre blanda y medianamente rígida, resistencia seca a media. De 0,45 a 1,80 m de profundidad.

**Capa 3:** arcilla arenosa de media plasticidad, de color café (CL), de consistencia variable entre medianamente rígida y muy rígida, resistencia seca media. Entre 1,80 y 4,20 m de profundidad.

**Capa 4:** arcilla limosa de mediana plasticidad de color café (CL), de consistencia variable entre medianamente rígida y dura, resistencia seca variable entre media ya alta. Entre 4,20 y 7,20 m de profundidad.

En ninguna de las perforaciones se encontró nivel freático.

Se llevó a cabo una prueba de infiltración en el sitio, en donde no se registró descenso del agua, debido a la baja permeabilidad de los suelos y las condiciones de saturación al momento del ensayo.

### 7.2. Descripción Geomorfológica

#### 7.2.1 Descripción Geomorfológica Local

El valle central occidental es una cuenca drenada por las aguas del río Virilla y por numerosos afluentes que se sitúan en la parte este, en el piedemonte volcánico norte, tales como los ríos Bermúdez y Segundo que descargan en el río Virilla. Los ríos entallan profundamente la vertiente volcánica cuaternaria, formando una trama de cañones, sub paralela que corre en el sentido noreste-suroeste en el mismo sentido de las coladas de lava. Ver figura N° 7.2

La vertiente norte está conformada por estratovolcanes construidos por una serie de coladas de lava andesíticas, interestratificadas con capas de ceniza y de piroclastos; la superficie está cubierta por espesos depósitos de cenizas que han evolucionado en capas de arcilla de colores rojizos que ocultan las coladas de lava dando un paisaje ondulado, como se observa hacia el norte en el centro de Heredia.

El piedemonte volcánico entra en contacto con una meseta de lavas, mediante una serie de conos de deyección muy entallados por la erosión y formados por depósitos de lahares al este en San José y lavas torrenciales al oeste. El río Virilla ha entallado profundamente la meseta volcánica, con profundidades de hasta 100 m, dejando mostrar los depósitos de ignimbritas y lavas del Cuaternario Medio y Superior.

Las formas del terreno en la zona del AP deben su origen a los eventos volcánicos que depositaron los materiales piroclásticos, en especial las ignimbritas inferiores, dejando superficies de formas onduladas y topografía suave, las cuales son afectadas actualmente por la erosión fluvial de los

principales ríos y quebradas como la quebrada Guaria, río Pirro y Bermúdez en el AID. La geomorfología del Valle Central ha sido descrita por Bergoeing (1981 y 1998) así como Madrigal & Salazar (1993). El Mapa Geomorfológico muestra la unidad geomorfológica definida para el AP.

### **Unidades de pendiente en el AP**

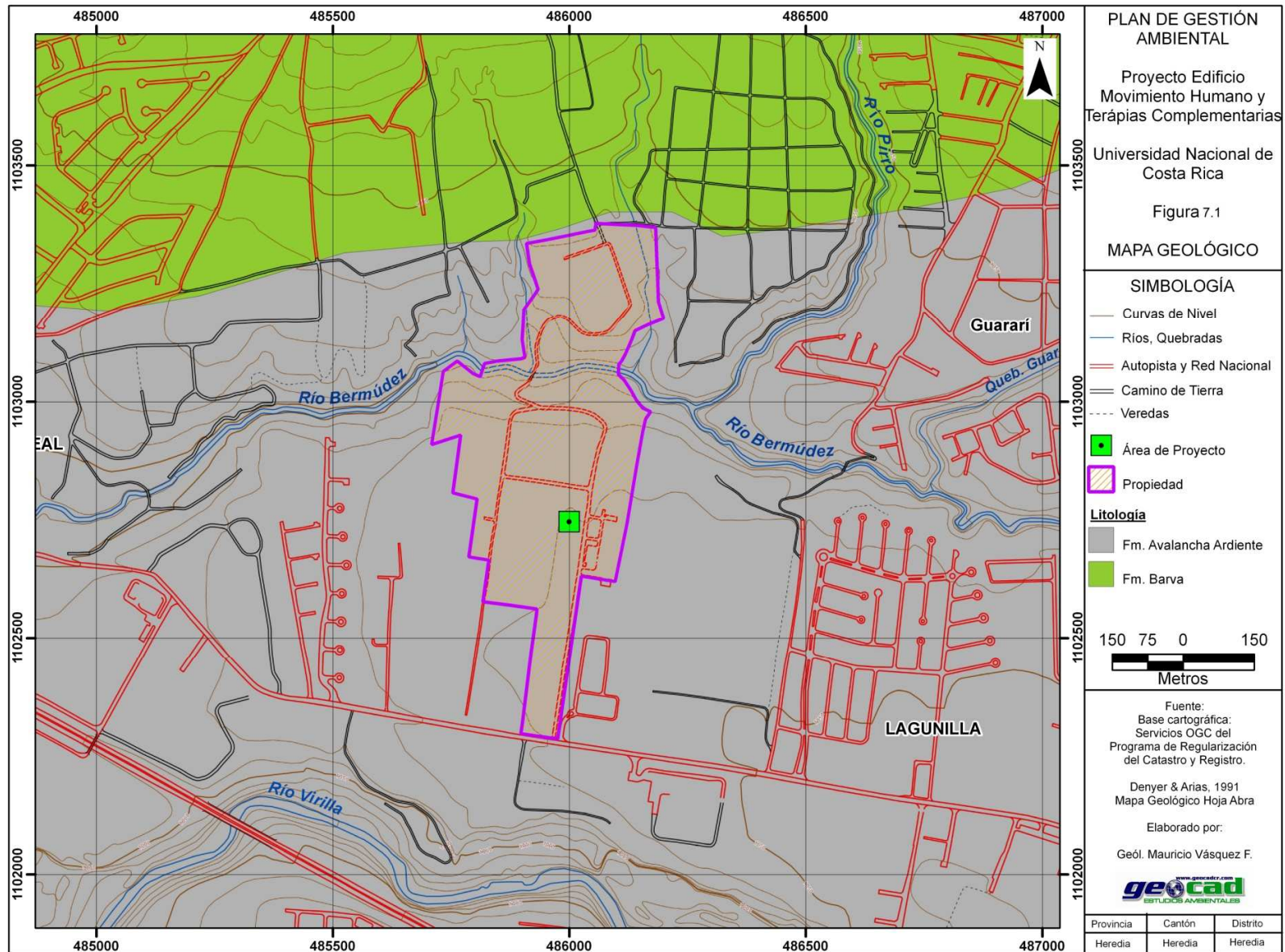
La totalidad del AP se ubica dentro de una unidad de pendiente plana con menos del 1% de inclinación en dirección sur hacia el valle del río Bermúdez. La superficie en general es plano ondulada como se aprecia en las Fotografías. Las características del AP son favorables para la construcción de obras como las que se proyectan, se estima que no se requiere de conformación de taludes y el movimiento de suelos para acondicionar la superficie en las áreas de construcción es bajo. La Fotografía N° 1 es una vista del AP y la unidad de pendiente predominante.

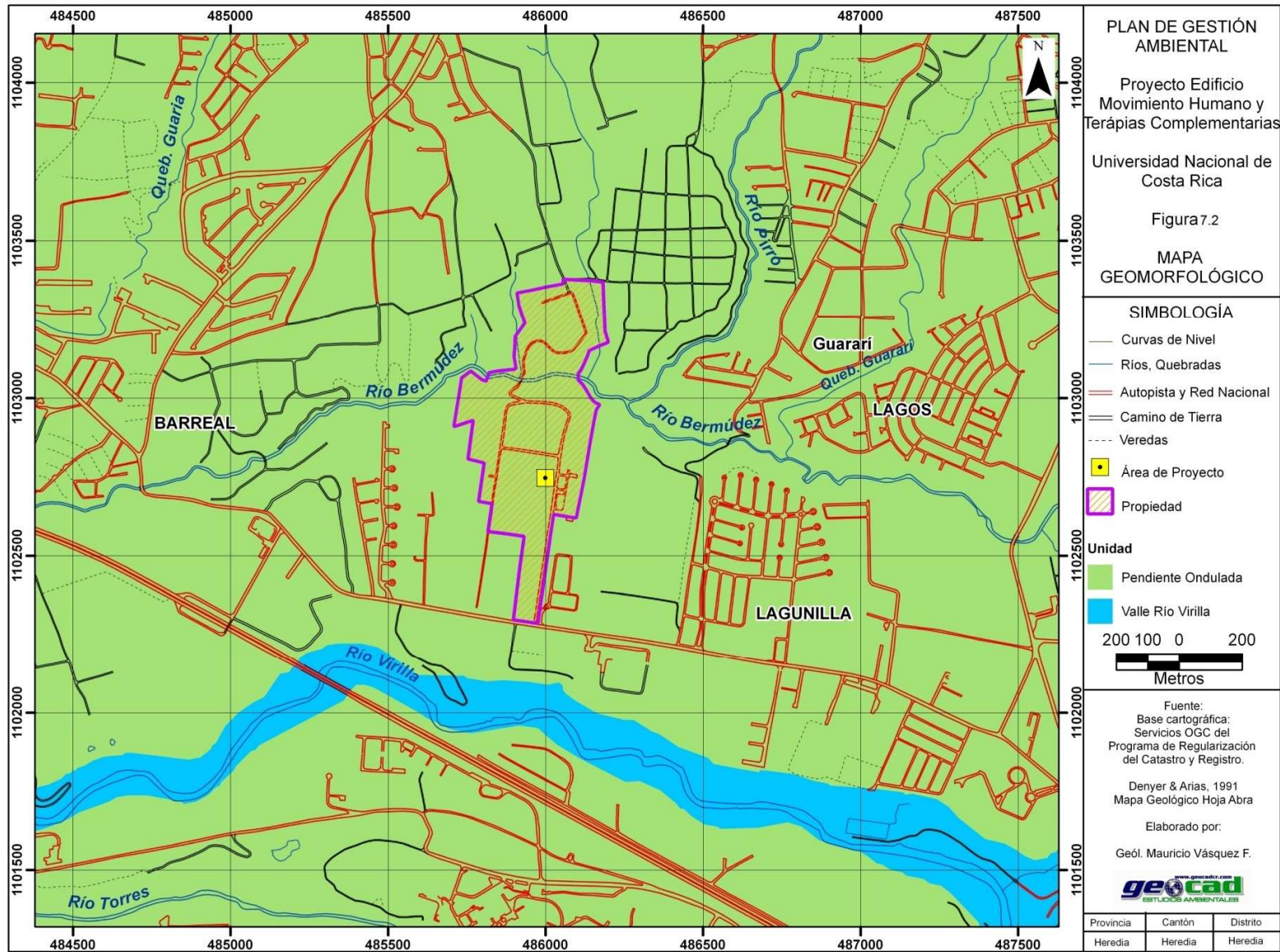


**Fotografía N° 1.** Vista general del AP y la pendiente plana que predomina.

### **7.3 Suelos**

Este apartado fue en su totalidad desarrollado por la empresa perforadora Vieta ingenieros consultores para la Universidad Nacional, por lo que se anexa al presente estudio el informe correspondiente.





#### **7.4. Clima**

##### ***Descripción Regional***

En el país se puede definir en forma general, la existencia de dos tipos de climas, el de la Vertiente Caribe y el de la Vertiente Pacífica, no obstante en forma general, por el régimen de lluvias existente, y el cual presenta dos máximas y dos mínimas de precipitación este tipo de clima se califica como Ecuatorial.

Costa Rica en su condición de territorio ístmico, así como por su posición latitudinal esta determinada en lo que a clima se refiere por una serie de factores tales como: a) la existencia de un centro de bajas presiones, denominado vaguada ecuatorial o centro de convergencia y un centro de altas presiones o anticiclón de Las Azores; b) temperaturas elevadas ocasionadas por la perpendicularidad con que caen los rayos solares; c) precipitaciones abundantes superiores a 1500 mm anuales, d) predominio de un ambiente marítimo

La circulación atmosférica se ve influenciada por los elementos del clima tales como presión atmosférica, centros de acción y los vientos. Los centros de acción son bases que controlan la circulación atmosférica de los vientos. Están constituidos por los anticiclones o altas presiones y las depresiones o bajas presiones. Los anticiclones despiden aire que llega a la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), por lo tanto los vientos soplan de las altas a las bajas presiones.

En el caso de Costa Rica esta circulación está dominada por los vientos alisios del noreste o del Atlántico y del suroeste o del Pacífico. Durante el invierno en el hemisferio norte (diciembre, enero, febrero y marzo) existe una zona de alta presión en las latitudes subtropicales, tanto en el continente norteamericano, como en el océano cerca de las islas Bermudas, en ese momento la ZCIT se ubica al sur de Costa Rica y todo el territorio es afectado por los vientos alisios del noreste.

Durante el verano en el hemisferio norte, los alisios del noreste disminuyen su velocidad e influencia al disminuir la presión en los anticiclones y al ubicarse la ZCIT cerca de Costa Rica, así los vientos ecuatoriales del suroeste que se originan en el anticiclón del suroeste, van a afectar el país especialmente en la vertiente pacífica.

El país es influenciado por los vientos alisios que se originan en las altas presiones subtropicales, los cuales describen una trayectoria hacia la vaguada ecuatorial señalada anteriormente y la que por efecto de la rotación de la tierra, adquieren una dirección noreste con rumbo suroeste.

Sin embargo es conveniente señalar que existen elementos locales que modifican esta circulación atmosférica tales como el relieve y la condición ístmica señalada anteriormente. El eje montañoso que atraviesa el país con dirección noroeste sureste y con altitudes entre los 1500 y 3820 msnm, constituye una barrera que intercepta perpendicularmente los vientos alisios de ambos lados tanto Pacífico, como Caribe, originando dos vertientes bien contrastadas.

El carácter ístmico del territorio favorece la relación tierra océano, desarrollándose brisas de tierra mar que provocan lluvias locales en diversas partes del país y permiten a la vez, que disturbios que se generen en el Caribe afecten la región montañosa y el lado Pacífico y viceversa.



### **Descripción Local**

Basados en las condiciones orográficas presentes en el área, podemos citar que en la misma se origina una zona climatológica bien definida, la cual presenta las características que se describen a continuación.

*Clima: Húmedo, caliente, con una estación seca moderada (35 – 70 días con déficit de agua) (C5).*

*Presenta estación seca como tal, la cual va del mes de diciembre al mes de marzo. Durante el resto del año el suelo permanece mojado como producto de la presencia de una estación lluviosa bien definida.*

La precipitación media anual oscila alrededor de los 1900 a 2500 mm distribuida esencialmente en el período comprendido entre abril y noviembre. La temperatura promedio anual es superior a 20 °C y la evapotranspiración potencial anual es superior a 1550 mm.

### **Análisis de principales variables climáticas**

A continuación se hará un análisis de las principales variables climáticas y de las cuales se dispone de información, esta corresponde a la Estación Santa Lucía (Heredia) (84111), situada en las cercanías de la zona en donde se desarrolla el proyecto.

### **Precipitación**

La distribución de la lluvia sigue el comportamiento típico que se manifiesta en la zona del Pacífico, impuesto por el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical y la configuración de los ejes estructurales del país. Como todo régimen de tipo ecuatorial, la región presenta dos máximas y dos mínimas de precipitación, las que se consideran están regidas por el paso aparente del sol por el cenit a los 10 grados de latitud norte.

Estación Meteorológica Santa Lucía Heredia  
Latitud: 10° 01 N, Longitud: 84° 07 W, Elevación 1200 msnm  
Registro Pluviométrico en mm  
Promedios Mensuales y Anual. Período: 1982-2007

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
20,4	22,3	47,1	106,1	335,8	321,9	208,3	252,2	412,4	428,1	185,7	54,4	2394,7

Según los datos analizados tomando como base registros de más de 20 años, según la estación Santa Lucía, y mediante los cuales se puede caracterizar el comportamiento de la precipitación, se puede observar que la primera máxima ocurre en los meses de mayo y junio con un promedio histórico de 328.5 mm y la segunda en los meses de setiembre y octubre con un promedio de 412,4 y 428,1 mm respectivamente.

La primera máxima o sea la del mes de julio, es producto de una incursión de un frente frío del alisio y de un desplazamiento de la zona de convergencia intertropical hacia el sur. La segunda máxima, que se da en los meses de octubre y noviembre, es consecuencia de la incursión de alisios fríos provenientes del anticiclón subtropical del Noreste, que controla toda la circulación del Caribe. A

partir del momento en que soplan los alisios del noreste y a medida que se incrementan, dan origen a los llamados temporales del Caribe, es decir períodos de tres o cuatro días continuos de lluvia.

Las lluvias durante las dos máximas se caracterizan por no ser muy fuertes, pero si muy constantes, o sea distribuidas en el tiempo. Lo anterior debido esencialmente a que las masas de aire cargadas de humedad provenientes del Caribe conforme ascienden sobre la vertiente a barlovento de la cordillera, comienzan a descargar por efecto de condensación parte de su humedad, convertida en lluvia.

Por su parte las mínimas mensuales históricas se presentan en los meses que corresponden al verano (periodo que va de diciembre a marzo) y julio, con valores la primera de 36.05 mm y la segunda de 208.3 mm. El primer descenso de lluvias comienza en realidad en el mes de diciembre, y tiene su punto más bajo en enero. La segunda mínima se considera en realidad como un receso dentro del periodo de lluvias, que tiene una duración aproximada de 15 días.

Estas mínimas de precipitación son provocadas por el debilitamiento del alisio del noreste, la primera origina una estación seca, y la segunda reduce la cantidad de precipitación en forma un tanto significativa, ya que la precipitación desciende aproximadamente un tercio del mes anterior, ya que pasa de 321,9 mm a 208,3 mm. Este fenómeno es producto de la acción del alisio del noreste, el cual después de provocar las máximas lluvias en la vertiente Caribe, ascienden por las laderas del sistema montañoso y al llegar la línea de crestas provocan subsidencia. Seguidamente este viento desciende seco hacia las llanuras del Pacífico por el efecto Foehn, causando una larga estación seca.

**Temperatura.**

Costa Rica posee una posición geográfica (10º Norte en promedio), que hace que cada día el sol se eleve muy alto en el horizonte, describiendo una trayectoria que pasa muy cercana al cenit, durante todos los meses del año. Como consecuencia, los rayos solares llegan con gran perpendicularidad y hacen que la radiación solar anual recibida sea muy alta.

Esta radiación recibida durante el año por la superficie del territorio costarricense, hace que las temperaturas sean en general superior a los 15º C, con excepción de las partes altas del relieve, en donde se registran temperaturas menores.

Estación Meteorológica Santa Lucia Heredia  
 Latitud:10º 01 N, Longitud: 84º 07 W, Elevación 1200 msnm  
 Registro Temperaturas Máximas, Medias y Mínimas en ºC  
 Promedios Mensuales y Anual. Periodo: 1982-2007

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
MAXIMA	24,3	25,2	26,4	26,6	25,8	25,2	25,0	25,2	25,0	24,6	24,6	24,0	25,2
MINIMA	14,6	14,6	14,6	15,0	15,6	15,5	15,6	15,1	15,2	15,5	15,5	15,3	15,2
MEDIA	19,5	19,9	20,5	20,8	20,7	20,4	20,3	20,2	20,1	20,1	20,1	19,7	20,2

Se analizó lo correspondiente a las temperaturas máximas, mínimas y promedio. Se puede observar que el comportamiento de la temperatura es relativamente constante presentándose dos variaciones

de importancia, a las cuales se hará referencia más adelante cuando se analice lo correspondiente a las temperaturas máximas y mínimas.

Con relación a la temperatura máxima tenemos que en los meses de, marzo, abril, mayo son los que presentan mayores valores (26,4, 26.6 y 25,8 °C respectivamente), temperatura que ocurre por lo general hacia el medio día; y que coinciden con la disminución de la precipitación en esos meses. Es conveniente señalar que las temperaturas máximas es por lo general mayor de los 24,0 °C.

La temperatura mínima por su parte presenta los menores registros durante dos períodos, el primero en los meses de agosto y setiembre (15,1 y 15,2°C), provocados por la presencia de campos nubosos, típicos de la época de mayor precipitación mientras que el segundo en enero, febrero y marzo presentando para esos meses registros de 14,6°C, provocados por la llegada de las masas de viento provenientes de los sistemas montañosos, las cuales por lo general son vientos secos relativamente fríos y que soplan con mucha intensidad especialmente durante las últimas horas de la tarde y la noche

En cuanto a la temperatura promedio, el mayor valor se da en el mes de abril (20.8 °C), coincidiendo con uno de los meses de mayor temperatura máxima, por su parte los meses con menor temperatura promedio son diciembre, enero, y febrero (19.7, 19.5 y 19.9 °C respectivamente ) coincidiendo con los meses de menor temperatura mínima señalados para el primer período.

### **Brillo Solar**

La insolación es el número máximo de horas de sol que es posible, el cual está determinado por el movimiento de traslación del sol en relación con la tierra. El número de horas de sol que se registran en un punto cualquiera depende de la latitud, de la época del año, del espesor de la capa de nubes, de la transparencia de la atmósfera, del contenido de humedad y la latitud del lugar.

Estación Meteorológica Santa Lucia Heredia  
 Latitud:10º 01 N, Longitud: 84º 07 W, Elevación 1200 msnm  
 Registro Brillo Solar en horas y decimas de hora  
 Promedios Mensuales y Anual. Periodo: 1982-2000

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
8,8	8,8	8,9	7,8	5,1	4,0	4,3	4,4	4,2	4,4	5,0	7,3	6,1

En el caso específico de análisis tenemos que es durante el período que comprende la estación seca, en los que se registran los mayores valores de brillo solar, siendo enero, febrero y marzo los meses con mayores valores (8.8, 8.8 y 8.9 horas diarias en promedio), durante esta época la presencia de nubes en la zona es mínima, por lo que los rayos solares inciden directamente sobre la superficie, lo anterior está asociado con el movimiento aparente del sol, el cual se encuentra durante esta parte del año en desplazamiento hacia el Ecuador y en esos meses está irradiando perpendicularmente sobre nuestro país.

Durante la estación lluviosa el número de horas de brillo solar disminuye, producto de la presencia de campos de nubosidad más permanentes, los cuales provocan la reflexión de la radiación hacia la atmósfera, de ahí que los meses con menores valores, sean los comprendidos de junio a octubre y el valor promedio de los mismos sea de alrededor de 4.2 horas.

### **Humedad**

La humedad relativa se entiende como el porcentaje de vapor de agua por unidad de volumen. Para la zona en estudio el promedio de humedad relativa mensual es de 79%. Sin embargo en los meses de mayor precipitación (periodo de mayo a noviembre) el valor es de 83,4% en promedio, mientras que en los meses que corresponden a la estación seca enero, febrero, marzo y abril los valores oscilan entre 71 y 74%, lo cual es proporcional a la cantidad de lluvia precipitada.

Estación Meteorológica Santa Lucia Heredia  
 Latitud:10º 01 N, Longitud: 84º 07 W, Elevación 1200 msnm  
 Registro Humedad en %

Promedios Mensuales y Anual. Periodo: 1982-2001

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
73	72	71	74	82	84	81	83	87	86	81	76	79

El que la humedad relativa se mantenga siempre por encima del 60%, hace que este clima se considere como un clima húmedo seco tropical (AW), con estación contrastada y más de 70 días secos.

La ausencia de lluvias a pesar de la humedad del ambiente se debe al aumento de la capacidad del aire para retener humedad, producto de las altas temperaturas, lo que impide alcanzar el punto de rocío durante los meses secos.

### **Viento**

El viento es uno de los parámetros meteorológicos que incide más en la modificación del clima de un lugar, ya que transporta las masas de aire de un lugar a otro, lo que provoca cambios positivos o negativos en las condiciones climáticas.

Según datos recogidos en campo, los lugareños señalan que los vientos dominantes de la región son los ecuatoriales del oeste y el suroeste, con velocidades que alcanzan los 15 km/h, los cuales se dan en las primeras horas de la tarde y durante la época húmeda principalmente. En casos esporádicos y asociados a las tormentas mas severas se generan vientos mas fuertes, pero generalmente son de corta duración.

En la época seca se dan dos tipos de vientos: en las horas de la mañana los vientos predominantes provienen del noreste, este y sureste, mientras que en las horas de la tarde y noche los vientos dominantes se asocian a las brisas marinas, que proviene del suroeste. Estos, durante la época húmeda no alcanzan a tener suficiente relevancia en el área de estudio.

### Caracterización del clima

Finalmente y tomando como base el criterio expuesto por Herrera, así como las condiciones meteorológicas presentes en la zona podemos señalar que estas equivalen a un clima subhúmedo seco, muy caliente, con un período o períodos de gran exceso de agua, las principales características son:

Descripción: Clima húmedo, caliente, con déficit moderdo de agua	
Precipitación en mm:	1900-2400
Evapotranspiración potencial en mm	1565 - 1710
Temperatura promedio anual en °C	21-24

Índice de aridez (%): muy grande	10-20
Índice hídrico (subhúmedo seco)	20-40

Estación seca: El deficit de humedad en el suelo se presenta en los ultimos dias de diciembre y concluye en mayo.

## 7.5 Hidrología

### 7.5.1 Aguas Superficiales

Debido al tamaño, forma, topografía y tipo de clima de la zona se hizo necesaria la aplicación de una metodología un poco más elaborada de lo normal. Como se muestra más adelante el tamaño de la cuenca analizada es grande (aproximadamente 41.29 km<sup>2</sup>) esto indica que no es posible utilizar el método racional para el cálculo de los caudales máximos.

Por el motivo anterior se seleccionó una metodología basada en hidrogramas unitarios sintéticos, para ello se utilizó una combinación de los métodos del Hidrograma unitario triangular y el Hidrograma adimensional del SCS (Soil Conservation Service).

Como menciona Villón en su libro Hidrología, Mockus desarrolló un hidrograma unitario sintético de forma triangular (utilizado por el SCS) y que a pesar de su simplicidad, proporciona los parámetros fundamentales del hidrograma: Caudal Punta ( $Q_p$ ), tiempo base ( $t_b$ ) y el tiempo en que se produce la punta ( $t_p$ ).

No se pretende entrar a definir todo el proceso de análisis que se ve involucrado en la construcción del hidrograma unitario triangular, por lo tanto se puede resumir de la siguiente manera:

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6t_c$$

$$Q_p = \frac{0.208hp_e A}{t_p}$$

$$t_b = 2.67t_p$$

Donde:

$t_p$ = Tiempo punta, en horas.

$t_c$  = Tiempo de concentración de la cuenca, en horas.

$Q_p$  = Caudal punta, en m<sup>3</sup>/s.

$hp_e$ = Precipitación máxima efectiva, en mm.

A = Area de la cuenca, en km<sup>2</sup>.

$t_b$ = Tiempo base, en horas.

La construcción del hidrograma triangular unitario representa la primera parte del análisis, pues a continuación se debe construir el hidrograma final con base en el Hidrograma adimensional del SCS. Este proceso se realiza a partir de la siguiente tabla y multiplicando  $t_p$  y  $Q_p$  por las coordenadas de la misma.

**Cuadro N° 7.1.**  
Coordenadas del hidrograma adimensional del SCS.

<b>t/<math>t_p</math></b>	<b>Q/<math>Q_p</math></b>
0.000	0.000
0.100	0.015
0.200	0.075
0.300	0.160
0.400	0.280
0.500	0.430
0.600	0.600
0.700	0.770
0.800	0.890
0.900	0.970
1.000	1.000
1.100	0.980
1.200	0.920
1.300	0.840
1.400	0.750
1.500	0.650
1.600	0.570
1.800	0.430
2.000	0.320
2.200	0.240
2.400	0.180
2.600	0.130
2.800	0.098
3.000	0.075
3.500	0.036
4.000	0.018
4.500	0.009
5.000	0.004

Para los cálculos hidrológicos se utilizaron 5 periodos de retorno que para este trabajo se establecieron en: 2, 5, 10, 25 y 50 años. Esto es importante porque la precipitación máxima efectiva se calcula a partir de la precipitación máxima diaria que se indica en el trabajo **“Estudio de Intensidades de lluvia en la cuenca del río Virilla”** de Murillo, 1994 y en la cual se indica que para la Telégrafo Barva se estiman precipitaciones máximas de 74.4mm, 87.4mm, 96mm, 106.9mm y 115mm para los

periodos de 2, 5, 10, 25 y 50 años respectivamente. La precipitación máxima efectiva se calculó multiplicando la precipitación máxima diaria por el coeficiente ponderado de escorrentía de la cuenca en estudio.

Por otro lado para el cálculo de los caudales generados por las obras futuras se utilizó el método racional, este se describe de la siguiente manera:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q= caudal, en m<sup>3</sup>/s

C= coeficiente de escorrentía, adimensional

I = intensidad de lluvia, en mm/hr

A= área tributaria, en hectáreas

Para la utilización de este método se supone que la duración del evento hidrológico de diseño es igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio, por lo tanto solo debería usarse en cuencas donde los tiempos de concentración sean razonablemente concordantes con las duraciones de las tormentas características de la zona, por lo tanto, y como se demostrará posteriormente, este método puede ser utilizado para este trabajo sin ningún inconveniente.

Para el cálculo de la tormenta de diseño se utilizarán los datos de intensidades máximas de la estación Santa Lucía (84111) del “Curvas de Intensidad Duración Frecuencia de algunas estaciones meteorológicas mecánicas” de Nazareth Rojas Morales. Dichos valores de intensidades han sido ampliamente probados y son de aplicación directa en la zona de estudio.

Estos datos requieren de dos referencias fundamentales, la primera es el Tiempo de concentración y la segunda es el Periodo de retorno.

El tiempo de concentración se define como “El tiempo de flujo de una gota de agua desde el punto más alejado e la cuenca hasta el punto en donde se desea estimar el caudal” (Koller, 1977). Por definición, el tiempo de concentración es igual a la suma de los tiempos que el agua tarda en atravesar las diferentes secciones antes de llegar al punto de salida.

Para este efecto, el tiempo de concentración para cuencas naturales se emplea la fórmula de Kirpich (Koller, 1977), dado por:

$$t_c = 0.0078L^{0.77} S^{-0.385}$$

Donde:

t<sub>c</sub>= tiempo de concentración, en minutos

L= longitud del canal principal de drenaje, en pies

S= pendiente promedio de la cuenca, valor adimensional.



**Cuadro N°7.2.**

Parámetros de la cuenca de Río Bermúdez (hasta punto de interés).

<b>Parámetro</b>	<b>Dimensión</b>
Longitud del cauce	17050 m ó 55938 ft
Altura máxima (m.s.n.m.)	1900
Altura mínima (m.s.n.m.)	1010
Pendiente promedio (cauce)	5.22 %
Área	4129.7 ha

**Memoria de cálculo hidrológica**

**Tiempo de concentración**

Utilizando la fórmula de Kirpich y los datos presentados anteriormente se tiene:

**Cuadro N° 7.3.**

Tiempos de concentración para el área tributaria analizada.

<b>Área Tributaria</b>	<b>Tiempo de concentración (min)</b>
Río Bermúdez	110.03

Por otro lado debido al pequeño tamaño de las obras por construir se consideró un tiempo de concentración de 10 minutos para las obras futuras.

**Periodos de retorno e intensidades de lluvia:**

Para el cálculo de las intensidades de lluvia aplicables **SOLO A LAS OBRAS DEL PROYECTO** se utilizó periodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 50 años, estos parámetros, el tiempo de concentración calculado anteriormente y los datos de la intensidad de lluvia de la estación 84-111 Santa Lucía, generan los datos de intensidad de lluvia buscada.

**Cuadro N° 7.4**

Intensidades de lluvia para diferentes periodos de retorno

<b>Periodos de retorno (años)</b>	<b>Intensidad de lluvia (mm/hr)</b>
2	145.99
5	176.32
10	203.38
25	245.63
50	283.33

### Coefficiente de escorrentía

Este dato determina la cantidad de precipitación que se convertirá en escorrentía directa, debido a factores como: tipo de precipitación, radiación solar, topografía, geología local, evaporación e intercepción. Para la determinación de este coeficiente se utilizaron los datos del siguiente cuadro:

**Cuadro Nº 7.5**  
 Coeficientes de escorrentía para diferentes periodos de retorno

Character of surface	Return Period (years)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Coefficientes de escorrentía para uso en el método racional</b> fuente: Chow, Maidment, and Mays (1988)							
<b>Developed</b>							
Asphaltic	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concrete/roof	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Grass areas (lawns, parks, etc.)							
<i>Poor condition (grass cover less than 50% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Average, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Steep, over 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Fair condition (grass cover on 50% to 75% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Good condition (grass cover larger than 75% of the area)</i>							
Flat, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Average, 2-7%	0.29	0.32	0.33	0.39	0.42	0.46	0.56
Steep, over 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Undeveloped</b>							
Cultivated Land							
Flat, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Average, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Steep, over 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pasture/Range							
Flat, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Forest/Woodlands							
Flat, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Average, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Steep, over 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

*Note: The values in the table are the standards used by the City of Austin, Texas. Used with permission.*

De acuerdo a lo observado en el sitio y comparando con los datos de la tabla anterior, se puede observar que el coeficiente de escorrentía aplicable a la microcuenca de Río Bermúdez a la altura del proyecto en estudio para las condiciones actuales es de **0.62**, siendo utilizado dos tipos de cobertura, la primera referente a Cultivos, pastos y árboles dispersos con pendientes mayores a entre 2% y 7%, con un valor de 0.40; y la segunda para Uso Urbano, con un coeficiente de 0.80, ésta última considera pequeñas zonas verdes dentro del área urbana. Debido a que se cuenta con diferentes tipos de cobertura se procedió a calcular coeficientes ponderados para diferentes periodos de retorno utilizando los siguientes datos:

**Cuadro Nº7.6**  
 Áreas de aporte y coeficientes de escorrentía para la microcuenca en estudio.

USO	AREA(ha)	C	A x C
Urbano	2271.34	0.80	1817.07
Repastos, cultivos y árboles dispersos	1858.37	0.40	743.35
<b>TOTAL</b>	<b>4129.70</b>		<b>2560.41</b>

<b>C Ponderado</b>		<b>0.62</b>	
--------------------	--	-------------	--

El coeficiente de escorrentía seleccionado resulta de dividir la suma de A x C (Área por Coeficiente de escorrentía) entre el área total del proyecto, el resultado de esta operación es un coeficiente crítico **C = 0.62**.

**Cuadro N° 7.6.1**

Áreas de aporte y coeficientes de escorrentía para la zona de proyecto en condiciones actuales.

<b>USO</b>	<b>AREA(ha)</b>	<b>C</b>	<b>A x C</b>
Emprendedurismo+cadena abastecimiento	0.08	0.40	0.0325
Mivimiento Humano	0.10220	0.40	0.0409
Edificios	5.85000	0.90	5.2650
Zonas verdes	19.65460	0.40	7.8618
Pista+calles	1.58500	0.85	1.3473
<b>TOTAL</b>	<b>27.2730</b>		<b>14.5475</b>
<b>C Ponderado</b>		<b>0.5334</b>	

El coeficiente de escorrentía seleccionado resulta de dividir la suma de A x C (Área por Coeficiente de escorrentía) entre el área total del proyecto, el resultado de esta operación es un coeficiente crítico **C = 0.5334**.

**Cuadro N° 7.6.2**

Áreas de aporte y coeficientes de escorrentía para la zona de proyecto en condiciones futuras.

<b>USO</b>	<b>AREA(ha)</b>	<b>C</b>	<b>A x C</b>
Emprendedurismo+cadena abastecimiento	0.08	0.95	0.0771
Mivimiento Humano	0.10220	0.95	0.0971
Edificios	5.85000	0.90	5.2650
Zonas verdes	19.65460	0.40	7.8618
Pista+calles	1.58500	0.85	1.3473
<b>TOTAL</b>	<b>27.27300</b>		<b>14.6483</b>
<b>C Ponderado</b>		<b>0.5371</b>	

El coeficiente de escorrentía seleccionado resulta de dividir la suma de A x C (Área por Coeficiente de escorrentía) entre el área total del proyecto, el resultado de esta operación es un coeficiente crítico **C = 0.5371**.

### Caudales analizados

Utilizando los datos presentados en el punto 2.1 y los métodos del hidrograma unitario triangular y el hidrograma adimensional del SCS, se obtiene que para las microcuencas analizadas los caudales punta estimados serían los siguientes:

### Hidrograma Unitario Triangular

**Cuadro Nº 7.7**

Parámetros y caudales punta estimados para las microcuencas analizadas para diferentes periodos de retorno.

Parámetro	Periodo de Retorno (años)				
	2	5	10	25	50
<b>Río Garzón (Quebrada Bejuco)</b>					
H <sub>total</sub> (precipitación máxima total, en mm)	74.4	87.4	96.0	106.9	115.0
C Ponderado	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
H <sub>pe</sub> (precipitación máxima efectiva, en mm)	46.128	54.188	59.520	66.278	71.300
Area (en km <sup>2</sup> )	41.297	41.297	41.297	41.297	41.297
Tiempo de concentración t <sub>c</sub> (en horas)	1.83	1.83	1.83	1.83	1.83
t <sub>p</sub> (tiempo punta, en horas)	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
Q <sub>p</sub> (caudal punta, en m <sup>3</sup> /s)	<b>161.460</b>	<b>189.675</b>	<b>208.338</b>	<b>231.993</b>	<b>249.572</b>
t <sub>b</sub> (tiempo base, en horas)	6.55	6.55	6.55	6.55	6.55

### Hidrograma SCS

Una vez que se cuenta con los datos del Caudal punta (Q<sub>p</sub>) y el Tiempo punta (t<sub>p</sub>) se puede construir el Hidrograma final con base en el Hidrograma adimensional del SCS. En las siguientes tablas se muestran los resultados utilizados en la construcción de los hidrogramas finales de cada microcuenca.

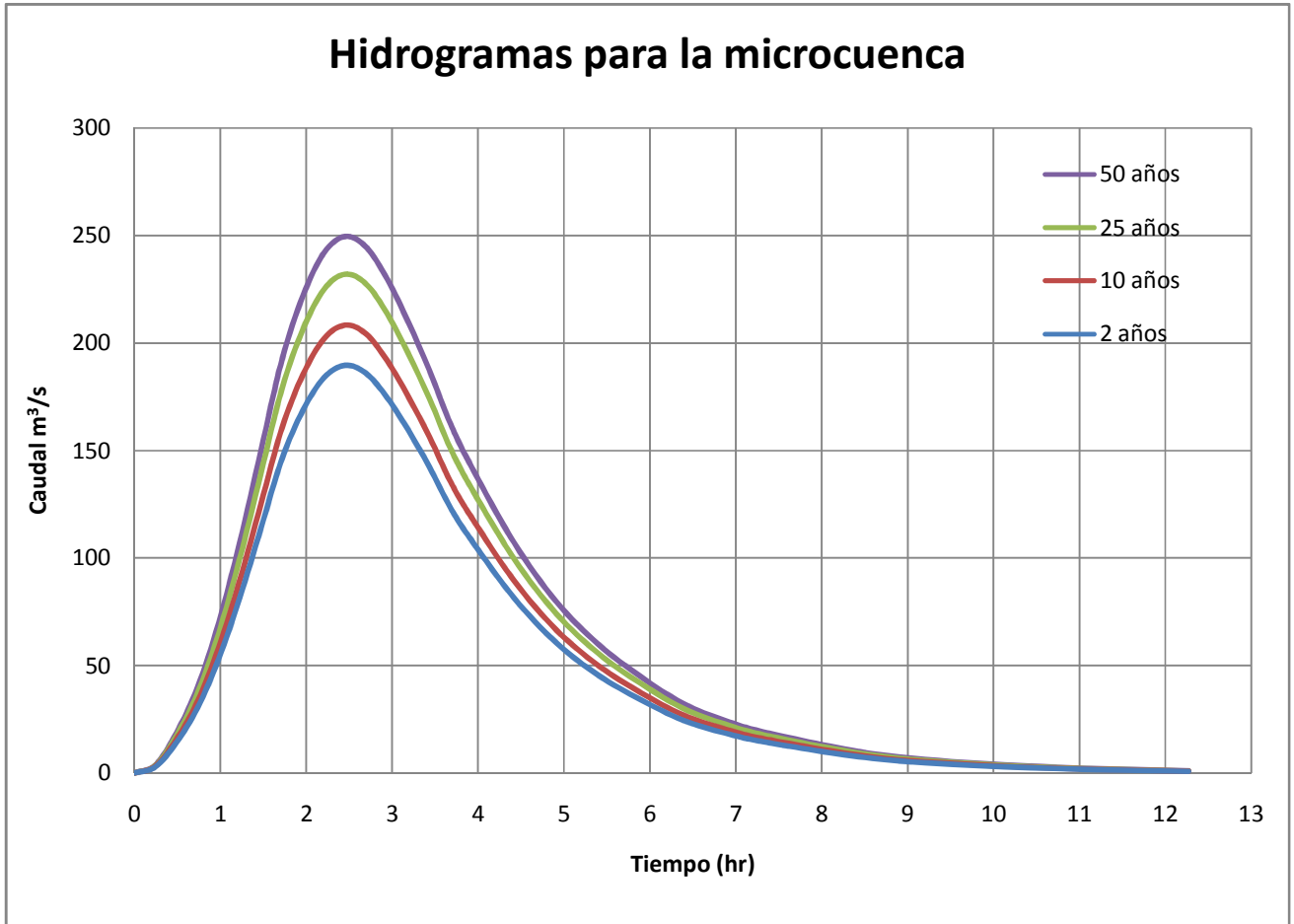
**Cuadro N°7.8**

Datos de caudal que conforman los hidrogramas de la microcuenca de Río Bermúdez.

Tiempo (hr)	Caudal m <sup>3</sup> /s			
	5 años	10 años	25 años	50 años
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.245	2.845	3.125	3.480	3.744
0.491	14.226	15.625	17.400	18.718
0.736	30.348	33.334	37.119	39.932
0.982	53.109	58.335	64.958	69.880
1.227	81.560	89.585	99.757	107.316
1.472	113.805	125.003	139.196	149.743
1.718	146.049	160.420	178.635	192.170
1.963	168.810	185.421	206.474	222.119
2.209	183.984	202.088	225.034	242.085
2.454	<b>189.675</b>	<b>208.338</b>	<b>231.993</b>	<b>249.572</b>
2.699	185.881	204.172	227.353	244.580
2.945	174.501	191.671	213.434	229.606
3.190	159.327	175.004	194.874	209.640
3.436	142.256	156.254	173.995	187.179
3.681	123.289	135.420	150.796	162.222
3.926	108.115	118.753	132.236	142.256
4.417	81.560	89.585	99.757	107.316
4.908	60.696	66.668	74.238	79.863
5.399	45.522	50.001	55.678	59.897
5.890	34.141	37.501	41.759	44.923
6.380	24.658	27.084	30.159	32.444
6.871	18.588	20.417	22.735	24.458
7.362	14.226	15.625	17.400	18.718
8.589	6.828	7.500	8.352	8.985
9.816	3.414	3.750	4.176	4.492
11.043	1.707	1.875	2.088	2.246
12.270	0.759	0.833	0.928	0.998

El cuadro anterior puede ser representada a manera de gráfico como se muestra a continuación.

**Gráfico N° 7.1.**  
 Hidrogramas generados para la microcuenca de Río Bermúdez.



Utilizando los datos del área de intervención del proyecto, las intensidades de lluvia y los coeficientes de las áreas en su condición actual y el método racional, se obtiene que para el área de proyectotributarias, los caudales máximos esperados serían:

**Cuadro N° 7.9**  
 Caudales estimados para el área de intervención para las condiciones actuales y para diferentes periodos de retorno.

Área Tributaria	Caudal (m³/s)				
	Tr 2 años	Tr 5 años	Tr 10 años	Tr 25 años	Tr 50 años
Edificios de Emprendedurismo, Cadena de Abastecimiento y Movimiento Humano	0.040	0.048	0.055	0.067	0.077

**Parámetros hidráulicos utilizados**

### Topografía general del cauce

No se considera dado el hecho de que el aumento en el coeficiente de escorrentía es muy bajo.

### Coefficientes de rugosidad

No se considera dado el hecho de que el aumento en el coeficiente de escorrentía es muy bajo.

### Resultados hidrológicos obtenidos

#### *Caudal neto aportado*

Dadas las características del proyecto EDIFICIO DE CADENA DE ABASTECIMIENTO Y LOGÍSTICA, SEDE LAGUNILLA, se considera que el aumento en el coeficiente de escorrentía en las zonas donde no se construirá nada será nulo; sin embargo el área de cambio en las condiciones de impermeabilización será aproximadamente igual al 0.67% del área total del lote. Otro punto importante a tomar en cuenta es que para el cálculo de la diferencia de caudal producido por el proyecto se tomará como tipo de cobertura actual la cobertura compuesta en su mayoría por césped, árboles dispersos, cultivos y zona de parqueo no pavimentado.

De esta manera se mantendrá el coeficiente de escorrentía promedio calculado anteriormente para las condiciones actuales, se tomará el área del proyecto (0.1834 Ha) y utilizando las intensidades máximas para el área tributaria donde se ubica el lote se calculará los caudales producidos actualmente por la propiedad; para las condiciones futuras solo se variará el coeficiente de escorrentía máximo para las condiciones de impermeabilización total.

**Cuadro Nº 7.10**

Caudales aportados actualmente y después de construcción.

Tipo de desarrollo	Periodo de retorno (años)				
	2	5	10	25	50
Caudal actual (C=0.5334) [m <sup>3</sup> /s]	0.0397	0.0479	0.0553	0.0667	0.0770
Caudal futuro(C=0.5371) [m <sup>3</sup> /s]	0.0399	0.0482	0.0556	0.0672	0.0775
<b>Diferencia de caudal [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>0.00028</b>	<b>0.00033</b>	<b>0.00038</b>	<b>0.00046</b>	<b>0.00053</b>
<b>Diferencia %</b>	<b>0.69%</b>	<b>0.69%</b>	<b>0.69%</b>	<b>0.69%</b>	<b>0.69%</b>

Las diferencias presentadas en la Tabla 10 sirven para determinar el aumento de la escorrentía en el área del proyecto, sin embargo, y como se observa los aumentos son relativamente bajos y más aun la diferencia porcentual en el caso del periodo de retorno de 50 años es inferior al límite establecido por SETENA como mínimo necesario para la presentación del apartado hidrológico, es decir para eventos extremos mayores, el incremento de caudal producido por el proyecto EDIFICIO DE CADENA DE ABASTECIMIENTO Y LOGÍSTICA, SEDE LAGUNILLA, es relativamente bajo.

En el siguiente cuadro se muestra los caudales finales transitados en las diferentes avenidas máximas.

### Cuadro N°7.11

Caudales transitados, incluyendo el cambio en el tipo de cobertura del lote analizado, para diferentes periodos de retorno.

Área Tributaria	Caudal (m <sup>3</sup> /s)				
	Tr 2 años	Tr 5 años	Tr 10 años	Tr 25 años	Tr 50 años
Río Bermúdez	161.460	186.675	208.340	231.990	249.570
% Aumento	0.000170	0.000175	0.000184	0.000199	0.000214

#### *Consecuencias para el cauce receptor*

Debido a que los porcentajes de aumento son sumamente bajos, no se considera necesario la realización de una modelación del cauce, esto pues con aumentos muy bajos de caudal, las condiciones hidráulicas iniciales del flujo en el receptor se ven prácticamente inalteradas.

#### **Evaluación de resultados y conclusiones hidrológicas**

##### **Evaluación de resultados**

Como se puede comprobar, el impacto del proyecto EDIFICIO CADENA DE ABASTECIMIENTO Y LOGÍSTICA, SEDE LAGUNILLA, sobre el receptor donde desfogará sus aguas pluviales es sumamente bajo comparado con el aporte actual al cauce receptor de la propiedad, el porcentaje de aumento de escorrentía representa aproximadamente un 0.69% del caudal total actual, por este motivo, y debido a que el cauce receptor presenta pendientes relativamente altas para la zona donde se encuentran, en este informe no se presenta una modelación hidráulica del receptor.

Por experiencia cuando se presentan aumentos tan bajos en el caudal transitado y la topografía del cauce tiene pendientes mayores a 2%, los efectos de las aguas pluviales aportadas por los proyectos que se construyen cerca del cauce, no van más allá de unos pocos centímetros, aunque en el caso de estudio se puede asegurar que el impacto de las futuras obras sería despreciable.

Si a lo anterior se le suma que en una topografía como la presente en el cauce analizado las diferencias de niveles en el fondo, son de varios metros, elaborar una simulación hidráulica del comportamiento del agua en el cauce no aportará ningún dato útil al análisis hidrológico.

Debido a los resultados presentados en el capítulo anterior, la evaluación de resultados se reduce al análisis de los caudales producidos y al porcentaje de aumento de la escorrentía del proyecto. Si se observa los datos de las Tablas 10 y 11, el conjunto total de la construcción planteada produce un aumento general en la escorrentía del área de proyecto de 0.69% en promedio y solo un 0.000214% sobre el caudal de la cuenca hasta el punto de análisis.

De acuerdo al Protocolo de ingeniería básica del terreno, Anexo N°5, Sección III, punto 2: *“El estudio hidrológico, referente al Segmento A) deberá presentarse en todos aquellos casos en que se plantee el desarrollo de obras de infraestructura que produzcan una impermeabilización del suelo, o bien la introducción y manejo de nuevos caudales de agua (por riego o extracción de aguas subterráneas),*



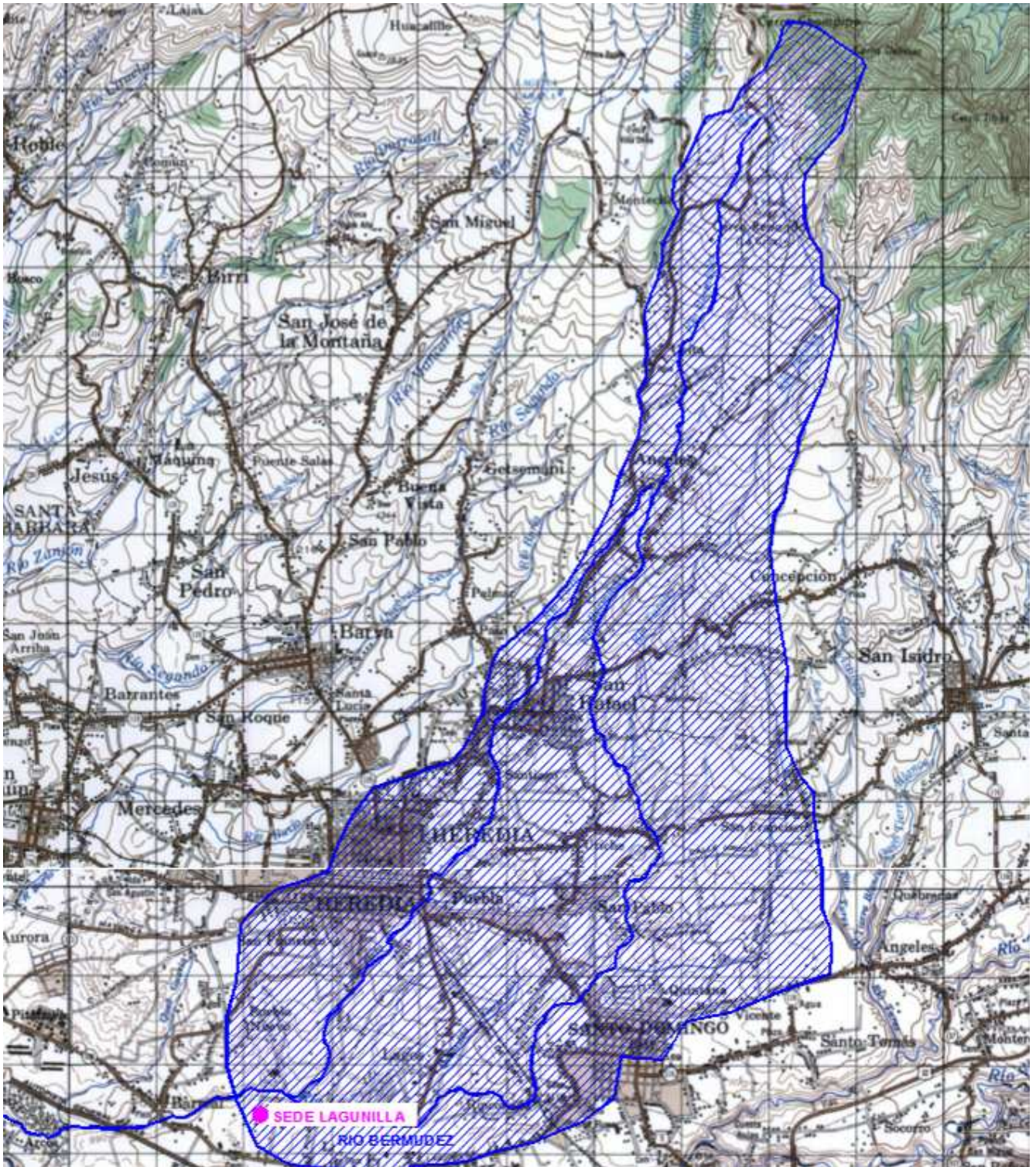
*dentro del AP y consecuentemente producen un aumento de más de un 10 % de la escorrentía superficial actual que discurre de forma directa hacia el cauce de agua natural y receptor más cercano dentro de la microcuenca hidrológica en que se localiza el AP", debido a que el aumento en la escorrentía es 0.69%, lo que es menor al 10% planteado por SETENA, en este informe se obvió la presentación del apartado del segmento A, donde se refiere a las consecuencias que el caudal aportado por el proyecto produciría sobre el cauce receptor de las aguas pluviales, por las razones ya expuestas.*

Aunque el aumento en el aporte pluvial del proyecto es sumamente bajo, las condiciones actuales de la cuenca del Río Bermúdez indican que en su parte baja se han presentado problemas de desbordamiento, por lo tanto cualquier aporte futuro por pequeño que sea puede afectar las condiciones del río aguas abajo del sitio de proyecto, por este motivo aunque en la zona de proyecto no se presenten problemas se recomienda que todas las futuras obras controlen las descargas pluviales por medio de un sistema de retención de aguas pluviales que disminuya el caudal pico máximo aportado y lo equipare con el caudal pico máximo para condiciones naturales.

## **Anexos**

Delimitación del área tributaria de la cuenca analizada

*Delimitación del área tributaria de la cuenca analizada*



### 7.5.2 Aguas Subterráneas

El Valle Central y el sector de Heredia específicamente, ha sido estudiado desde mediados de los años 70 para conocer el potencial hidrogeológico y de los acuíferos existentes, con el fin de utilizarlos como fuentes de abastecimiento de los centros poblacionales. Desde entonces se han descrito los diferentes acuíferos

Numerosos estudios se han realizado para describir y evaluar las condiciones hidrogeológicas de la parte sur del volcán Barva, debido principalmente a la ubicación de importantes centros de población que se abastecen de pozos y captaciones de manantiales. La gran cantidad de manantiales presentes en las laderas del volcán desde su cúspide hasta la base, además de la existencia de pozos de altos caudales de extracción en la margen derecha del río Virilla, son evidencia directa de la alta disponibilidad de agua subterránea en los acuíferos presentes.

La ESPH así como los acueductos municipales como el caso de Barva, Santa Bárbara, Flores, Belén, Alajuela y Santo Domingo, utilizan pozos y manantiales de la zona norte de Heredia e inclusive el AyA desde la década de los setentas ha desarrollado un importante campo de pozos en la zona de La Valencia al sur de Heredia centro, para abastecer gran parte de la ciudad de San José.

A continuación se describen las características más importantes de las unidades hidrogeológicas definidas para el flanco sur del volcán Barva. La información más importante y completa fue elaborada por el BGS-SENARA (1985) quienes definieron el Mapa Hidrogeológico del Valle Central que se utiliza hasta la fecha como una valiosa fuente de información.

#### **Sistema de acuíferos Colima.**

Ha sido estudiado desde la década de los 60's pero no fue hasta principios de los 70's que se empezaron a elaborar estudios más detallados de los acuíferos, el más completo en ese entonces fue el estudio patrocinado por Naciones Unidas y el Programa AQUASUB (ONU, 1975) que incluyó además el análisis de otras áreas como Tempisque, Barranca y Moín-La Bomba. Dentro de ese estudio se contempló la perforación de pozos exploratorios, instalación de estaciones pluviométricas e hidrógrafos en cauces de los ríos principales, por lo que se contaba en ese momento con datos bastante certeros y controlados de los balances hídricos de las cuencas, en especial la del Valle Central y al norte del río Virilla.

Posteriormente en los años 80's aparecen otros trabajos hidrogeológicos como Echandi (1981), BGS-SENARA (1985), Gómez (1987), SENARA (1988) y más recientemente estudios como Ramos (2001) y Ramírez (2007), entre otros. Existen además numerosas tesis de grado y pregrado con temas específicos elaboradas en el Valle Central.

Para el trabajo elaborado por ONU (1975) se le denominada al hoy conocido sistema de Acuíferos Colima como acuífero Puente de Mulas, sin hacer ninguna distinción entre unidades hidrogeológicas. Ese nombre provino posiblemente por la importancia estratégica de dichos manantiales tenían y tienen aún, como fuentes de abastecimiento público para el oeste de San José. La nomenclatura utilizada en la actualidad fue definida por Echandi (1981) y es la misma que se utiliza en el presente informe, donde ya se separan las diferentes unidades hidrogeológicas de la Formación Colima.

La Formación Colima está formada por seis mantos de lavas (ONU, 1975), donde predominan horizontes de brechas, escorias y zonas de fracturación por enfriamiento, que representan una valiosa

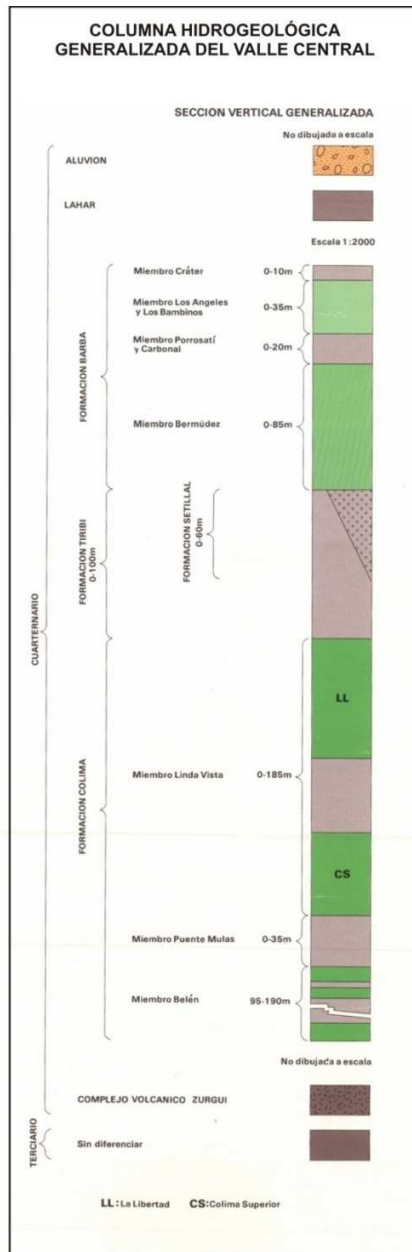
porosidad efectiva de tipo secundaria, que permite una rápida recepción y recirculación de agua subterránea. Presenta además acuicierres en la base de la formación y acuitardos entre los mantos de lavas que ayudan a regular la recarga por infiltración y percolación. Lo anterior también es mencionado por SENARA (1988) al indicar que las coladas de lava presentan cambios bruscos en cuanto al espesor y distribución espacial y que las capas de tobas e ignimbritas intercaladas entre las diversas coladas de lava, se comportan como acuitardos y acuícludos.

Los principales manantiales se encuentran a lo largo del cañón del río Virilla, de este a oeste en la dirección del río se conocen como La Libertad, Puente de Mulas, Potrerillos y Guachipelín. Aforos diferenciales elaborados entre La Libertad y El Penal, tramo que prácticamente incluiría todos los manantiales mencionados, resultan en un incremento de 4500 L/s en el caudal del río Virilla (ONU, 1975). Esos datos en la actualidad no se tienen contabilizados y se desconoce si ese valor de descarga se mantiene o efectivamente ha disminuido por el aumento en la explotación del sistema acuífero en los últimos años.

Según ONU (1975) la capacidad de almacenamiento del sistema de acuíferos Colima sobrepasa la recarga, que en aquel entonces se estimó en 600 millones de metros cúbicos (MMC) anuales; el cambio de almacenamiento fue estimado en 26 MMC al año y los niveles en los pozos fluctúan entre 4 y 5 m.

Otro estudio considerado también como de los más completos fue elaborado por BGS-SENARA (1985) y culminado por SENARA (1988) en donde se realiza inclusive un modelo matemático preliminar del sistema acuífero y se termina de definir la hidrogeología de la parte norte del río Virilla. La figura N° 10 es el Mapa Hidrogeológico más conocido y completo que existe hasta la fecha y que fue elaborado por BGS-SENARA (1985) donde se muestra la zona de estudio e influencia de la ESPH.

El sistema acuífero Colima se compone de al menos 3 unidades acuíferas y una unidad de acuitardo como se describe a continuación y en forma ascendente. La figura N° 10 es una columna de la estratigrafía hidrogeológica generalizada del Valle Central, elaborada por BGS-SENARA (1985).



**Figura N<sup>o</sup> 7.5** Columna geológica e hidrogeológica generalizada del Valle Central.

Tomada de SENARA (1988). Con las últimas dataciones radiométricas la base de la columna puede haber variado.

**Acuífero Colima Inferior (Miembro Belén).**

Los acuíferos se originan en los horizontes de lavas superiores donde se presentan mayormente brechosos y fracturados. Este acuífero es captado por pozos en los sectores de Potrerillos, La Guácima y en San Antonio de Belén. Uno de los principales manantiales que origina se conoce como Potrerillos. Echandi (1981) indica que puede llegar a tener transmisividades de hasta 16 000 m<sup>2</sup>/día y que algunas de las coladas de este miembro pueden llegar a ser impermeables. Lo límites de este acuífero no están bien identificados aún, cosa que se menciona en el estudio de ONU (1975) y también en el estudio elaborado por Souifer (2003).

Su espesor es muy variable desde 22 m hasta 73 m (Gómez, 1987) y entre 95 y 190 m (BGS-SENARA, 1985). Por lo general este acuífero se presenta confinado, a diferencia de los sobreyacentes Colima Superior y Barba. Las oscilaciones en este acuífero oscilan entre 2 y 3 m anuales, la transmisividad se ha calculado en  $4\ 500\ \text{m}^2/\text{día}$  y el coeficiente de almacenamiento es de  $1,5 \times 10^{-3}$  hasta 0,1 dependiendo del área (Gómez, 1987).

#### **Acuitardo Puente de Mulas (Miembro Puente de Mulas).**

Se cataloga como un acuífero debido al alto grado de arcillificación que presenta en la parte superior. Echandi (1981) indica que el diaclasado que presenta le da una cierta permeabilidad secundaria, por donde el agua tiende a percolarse hacia los acuíferos inferiores, por flujo vertical. Este acuitardo se interpreta que está formado por capas de tobas e ignimbritas y se describe en la mayoría de los pozos profundos intercalado entre capas de lavas de los miembros supra e infrayacente.

#### **Acuífero Colima Superior (Miembro Linda Vista).**

Son coladas de lava fluidas y que además presentan un carácter bastante brechoso, donde se origina uno de los acuíferos más importantes denominado el Colima Superior, es captado por centenas de pozos a lo largo de las ciudades entre Santo Domingo hasta Belén y Alajuela hasta el área metropolitana de San José (por debajo de las unidades de lahares y lavina subyaciendo al acuífero Metropolitano).

El manantial de Puente de Mulas se ha considerado como la descarga más importante de este acuífero, ya que en esa zona se encuentra el límite lateral de las lavas que lo contienen (Gómez, 1986). En estos manantiales se estimaba un caudal de descarga equivalente a 455 L/s (ONU, 1975).

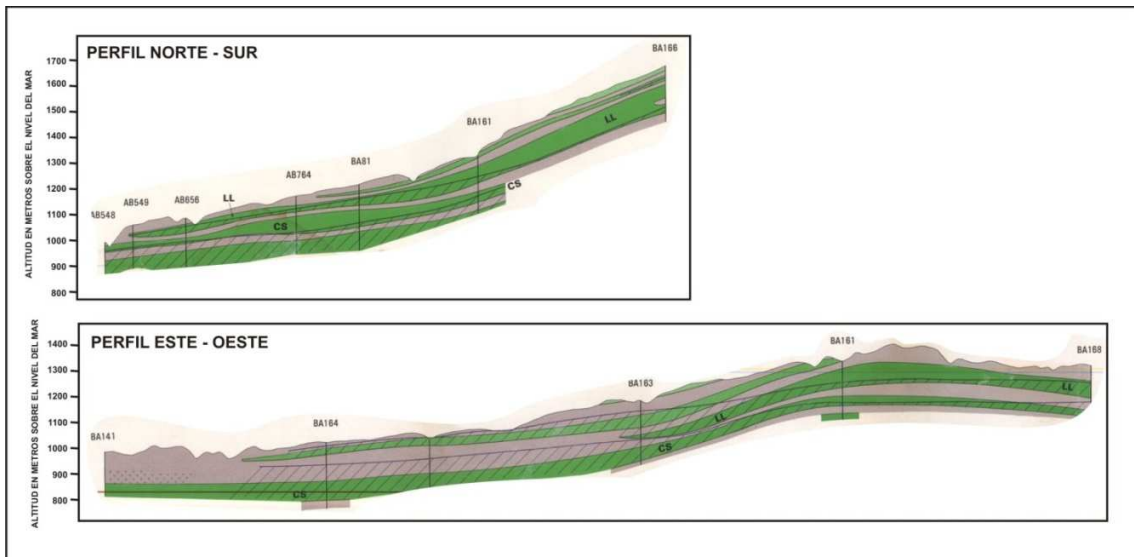
Echandi (1981) indica que este acuífero presenta transmisividades de hasta  $20\ 000\ \text{m}^2/\text{día}$ . Por su parte, Gómez (1987) indica que la permeabilidad de este acuífero es de  $214\ \text{m}/\text{día}$  con transmisividades de  $5\ 000\ \text{m}^2/\text{día}$  y un coeficiente de almacenamiento de 0,1 que lo catalogaría como un acuífero libre. Su espesor se ha identificado hasta en 185m según BGS-SENARA (1985), siendo inclusive de 0 en algunos sectores donde solo aparece el acuífero Colima Inferior.

#### **Acuífero La Libertad (Miembro Linda Vista).**

Está separado del acuífero Colima Superior por una capa de tobas. Es considerado por muchos autores como un acuífero colgado y generalmente se ubica hacia al sector sureste de Heredia y Santo Domingo. SENARA (1988) menciona que los límites del acuífero y las lavas de La Libertad son inciertos, tienen un espesor conocido de 110 m que termina en los alrededores del Campo de Pozos de La Valencia al sur de Heredia centro, aparentemente fluyó del este o del noreste. La importancia de este acuífero es menor comparado con el acuífero Colima Superior.

#### **Perfiles hidrogeológicos regionales del Sistema Acuífero Colima.**

Para tener una idea de la secuencia en las unidades hidrogeológicas se recurre a la información de perfiles hidrogeológicos elaborados por BGS-SENARA (1985) de la figura 11. En el perfil Norte-Sur se observa el acuífero Barba coronando la secuencia y sobre el acuífero La Libertad, que se indica como acuífero libre y con un espesor sumamente bajo hacia la parte derecha del perfil, que sería hacia el sector de San Rafael de Heredia. Es hacia la parte central del perfil, que coincide con la zona de Heredia y Santo Domingo, que se observa el acuífero Colima Superior, también en condición de no confinado y separado por una capa de tobas o ignimbritas (acuitardo).



**Figura N° 7.6** Perfiles hidrogeológicos en dos direcciones y generalizados para el Valle Central, tomadas de BGS-SENARA (1985).

En un perfil Este-Oeste se observa el acuífero Barba con un mayor espesor hacia lo que sería el sector de Barba y San Joaquín y se adelgaza hacia el sector noreste de Alajuela. El acuífero Colima Superior por su parte es grueso hacia la parte central que coincide con el sector de San Joaquín y continua así hasta la zona oeste de Alajuela, sin embargo se desconoce su existencia hacia la zona de El Coyol, o al menos no hay correlación de acuerdo con la información de BGS-SENARA (1985) en aquel entonces. El acuífero Colima Superior aparentemente es muy delgado hacia el sector este (derecha del perfil) al sur de San Isidro de Heredia.

SENARA (1988) elabora todo un apartado sobre las principales características hidrogeológicas del Sistema Acuífero Colima, ya que fueron necesarios para la elaboración del modelo matemático preliminar que se desarrolló en aquel momento.

La recarga de los acuíferos Colima ocurre mayoritariamente por percolación desde los material sobreyacentes, que proviene de infiltración de lluvia y de lechos de ríos. La descarga de estos acuíferos se produce por manantiales e infiltración hacia el lecho del río Virilla. Mediciones del flujo base de este río indican que la descarga ronda los 8700 L/s (SENARA, 1988). El mismo estudio menciona que las descargas del sistema acuífero Colima es medible en el cañón del río Virilla mediante aforos diferenciales, se desconoce si a la fecha existen datos más actualizados.

En cuanto a los niveles equipotenciales de los acuífero Colima Superior e Inferior, se dice que en las partes bajas del valle cerca del río Virilla, los niveles tienden a ser muy similares. Esa condición se observa en los números perfiles hidrogeológicos mostrados en el informe de SENARA (1988).

En el caso de Colima Superior se considera como no confinado en la mayor parte del área, y se presenta confinado donde las lavas se adelgazan hacia el noroeste de Heredia (SENARA, 1988). En el acuífero Colima Inferior se definieron al menos dos niveles equipotenciales.

Los parámetros hidrogeológicos se definieron para ambos acuíferos Superior e Inferior con base en ensayos realizados en perforaciones. La roca dentro de las secuencias de lavas puede variar desde altamente brechosa a masiva, con fracturas angostas y escasas. Se han determinado que las porosidades en estratos brechosos pueden llegar al 55%, las lavas masivas presentan porosidad de menos de 20% y por lo general de menos del 10% y la conductividad muy baja (SENARA, 1988).

Los coeficientes de almacenamiento de los acuíferos se definen para el Colima Superior en  $5 \times 10^{-3}$  a  $5 \times 10^{-1}$  y en algunas zonas pueden presentar valores más altos, se cataloga como un acuífero libre hasta semiconfinado. En el caso del Colima Inferior los valores estimados son de  $5 \times 10^{-3}$  a  $5 \times 10^{-4}$  y característicos para un acuífero confinado y localmente puede presentar valores mayores.

Los mecanismos de recarga de los acuíferos Colima están controlados por varios factores. Las brechas en las lavas son altamente permeables y las tobas que las cubren por lo general muestran buena capacidad de infiltración, que puede llegar a los 50 mm/día, los valores rondan entre los  $10^{-1}$  y  $10^{-3}$  cm/min de infiltración potencial (SENARA, 1988).

Se menciona en varios estudios que los cauces de los ríos pueden presentar buena permeabilidad y eso puede colaborar en gran medida a la recarga de los acuíferos, cuando los niveles del agua subterránea están por debajo del lecho del río. Es de suma importancia conocer los regímenes de recarga de los acuíferos sobre yacientes para entender la recarga al sistema Colima, en especial cuando no está cubierto solamente por capas de tobas, donde es más sencillo estimar la recarga.

En el estudio de SENARA (1988) se tenía contabilizado que en los acuíferos Colima el flujo anual rondaba los 5500 l/s; para entonces las extracciones eran del orden de 2000 L/s, de los cuales 1000 L/s se extraían del Campo de Pozos de La Valencia, 650 L/s de los Manantiales Puente Mulas, 250 L/s de Potrerillos y alrededor de 200 L/s de fuentes privadas.

Algunas limitantes en cuanto a las captaciones en los acuíferos Colima dadas por SENARA (1988) son: el acuífero Colima Superior contiene una considerable cantidad de agua, pero el espesor generalmente delgado del acuífero y la alta transmisividad concentrada en poco horizontes de lava, hace que sean difíciles las captaciones mediante pozos. En cuanto al Colima Inferior se sabe que comprende más de una colada de lava por lo que los pozos deben ser profundos para pretender buenas producciones, sus niveles usualmente se ubican a más de 150 m de profundidad; los abatimientos de los pozos están fuertemente influenciados por los armados de los pozos.

#### **Acuitardo de la Formación Tiribí.**

Esta formación presenta condiciones texturales muy heterogéneas, ya que son comunes los horizontes de tobas soldadas e ignimbritas. En ocasiones las fracturas permiten la transmisión de agua hasta el acuífero subyacente, que puede ser el Colima Superior en la zona Santo Domingo hasta Belén o el Colima Inferior en la zona de Potrerillos, La Guácima y Nuestro Amo.

ONU (1975) indica que el sistema de grietas puede encontrar capas impermeables en la base y originar manantiales. En términos generales se considera como acuitardo, sin embargo algunas de las facies como el Miembro La Caja y Nuestro Amo se consideran más bien como acucierres, por su baja permeabilidad y predominancia de materiales arcillosos.



Echandi (1981) menciona que los materiales del Miembro Nuestro Amo son casi impermeables y constituyen un acuicierre para los acuíferos superiores, donde está sobre yacido por ignimbritas y lavas de la Formación Barba. El Miembro La Electriona presenta una buen diaclasamiento por disyunción prismática, pero tienden a ceder agua hacia acuíferos inferiores y por lo tanto son importantes en la recarga de los acuíferos subyacentes; en el caso de estar subyacidas por capas impermeables puede presentar condiciones favorables como acuífero y manantiales de hasta 25 L/s. Finalmente el Miembro La Caja, presenta materiales de muy baja permeabilidad que permiten la recarga lenta de agua hacia acuíferos inferiores.

SENARA (1988) menciona que las tobas de Tiribí tienen conductividad hidráulica suficiente para permitir una infiltración casi sin restricciones de lluvia, presenta porosidades del orden de 50% al 60% con capacidad de almacenamiento considerable y un amplio rango de tamaños de poros que favorece el drenaje por gravedad.

#### **Hidrogeología del sistema de acuíferos Barba.**

La Formación Barba que se extiende en el flanco sur del volcán Barva alberga un sistema de acuíferos conformado por al menos dos unidades hidrogeológicas, el acuífero Barba Inferior y el acuífero Barba Superior; ambos de tipo acuífero volcánico fisurado y desarrollado en lavas y brechas lávicas.

Ha sido estudiado por varios autores como ONU (1975), Echandi (1981), BGS-SENARA (1985), SENARA (1988) y más recientemente por Arredondo & Soto (2006). Varios trabajos han sido elaborados en el pasado para la ESPH en las fuentes captadas en la parte alta de de San Rafael y San Isidro de Heredia. A esta unidad ONU (1975) le denominaba como acuífero Ojo de Agua en alusión al principal manantial de descarga de este acuífero.

La Formación Barba incluye horizontes de lava escoriácea, tobas e ignimbritas, lavas fracturadas y brechosas que constituyen los acuíferos fisurados. Los mantos de cenizas que subyacen a esta unidad, así como los que están interdigitados entre las coladas de lava, retardan la infiltración de agua de lluvia. A lo largo de los cauces de los ríos más importantes como el Ciruelas, Segundo, Porrosatí, Turales y Bermúdez, que han cortado las unidades de piroclastos e inclusive las unidades de lavas y brechas, han interceptado el flujo subterráneo y ocasionado numerosos manantiales a lo largo de los valles fluviales.

Este acuífero está influenciado directamente por la infiltración del agua de lluvia, presenta fluctuaciones de niveles de hasta 7 m, lo que implica cambios de almacenamiento del orden de los 35 MMC al año (ONU, 1975).

#### **Acuíferos Barba Inferior (Miembro Bermúdez)**

ONU (1975) se refería al acuífero Ojo de Agua a lo que ahora está definido como acuífero Barba Inferior, el cual se desarrolla en las escorias, lavas fracturadas, tobas e ignimbritas de la Formación Barva, específicamente de su Miembro Bermúdez, con una extensión de unos 50 km<sup>2</sup> (actualmente se sabe que es mayor), con límite al norte y noreste cerca de Santa Bárbara y Barva; al oeste de Heredia hasta la quebrada Guaria y al sur con el río Bermúdez, pasando por San Antonio y Ojo de Agua.

La base del acuífero hacia la ciudad de Heredia lo forman cenizas interlávicas calcinadas, en tanto que hacia el río Virilla descansa sobre tobas del Miembro La Caja de la Formación Tiribí. Hacia el oeste y noreste el cierre inferior del acuífero lo constituye las tobas caóticas de las facies de Nuestro Amo. Las

condiciones de permeabilidad de las rocas de la Formación Barba están limitadas a cavidades, túneles y sistemas de fracturas, es común encontrar pozos secos aún cerca de manantiales de este acuífero.

Los parámetros hidrogeológicos del acuífero Barba Inferior fueron definidos por Gómez (1987) quien calcula la transmisividad en  $400 \text{ m}^2/\text{día}$  con un coeficiente de almacenamiento de 0,10; indica que para la zona de Belén las fluctuaciones en el acuífero Barba oscilan entre 15 y 32 m, es afectado fuertemente por las condiciones climáticas anuales, cosa que no se nota en los acuíferos más profundos de Colima. ONU (1975) determina por su parte una transmisividad de  $1000 \text{ m}^2/\text{día}$  para este acuífero y un gradiente hidráulico de 2% en dirección suroeste.

En la mayoría de los ríos del piemonte del flanco sur del volcán, es posible apreciar las lavas blocosas y brechosas aflorando, correspondientes al Miembro Bermúdez donde se desarrolla el acuífero Barba Inferior. Los mantos de lava están inclinados en dirección sureste y su espesor varía hasta en un máximo de 95 m (SENARA, 1988).

#### **Acuíferos Barba Superior (Miembros Los Ángeles y Los Bambinos)**

Se trata de acuíferos no confinados y relativamente colgados y discontinuos, que se desarrollan en las lavas independientes de los Miembros Los Ángeles y Los Bambinos en la parte meridional y norte del flanco sur del volcán Barva. Son coladas de lavas de bajo espesor, por lo que la sección saturada es mucho menor, su permeabilidad es muy alta debido a la buena fracturación que brinda una permeabilidad secundaria favorable. Por lo general estos acuíferos originan manantiales hacia la base y los bordes de las coladas, donde las zonas de fracturación interceptan con ríos y quebradas.

Muchos de estos manantiales son captados para usos domésticos o de baja demanda. Algunos de estos manantiales se ubican el cauce del río Bermúdez, que delimita el borde este de la colada de Los Ángeles, algunos son captados por la ESPH y el AyA para abastecimiento público (por ejemplo La Gruta y Mata de Plátano). En el caso de la parte sureste de las coladas de Los Bambinos existen también varios manantiales captados por las Municipalidades y la ESPH. Algunos de los más conocidos son las Fuentes Steinvort, Flores y Sacramento.

Los límites del acuífero Los Bambinos de acuerdo BGS-SENARA (1985) llegan aproximadamente hasta las localidades del El Roble y Birrí, sin embargo Arredondo & Soto (2006) lo definen más al norte.

#### **Pozos perforados**

El Área de Aguas Subterráneas del SENARA posee una base de datos de pozos perforados, en la cual se procedió a revisar la información disponible en un radio de 2000 metros con respecto al AP; la principal información se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 7.12.**

PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y Terapias Complementarias.  
Pozos Seleccionados con Respecto al AP y el AID.

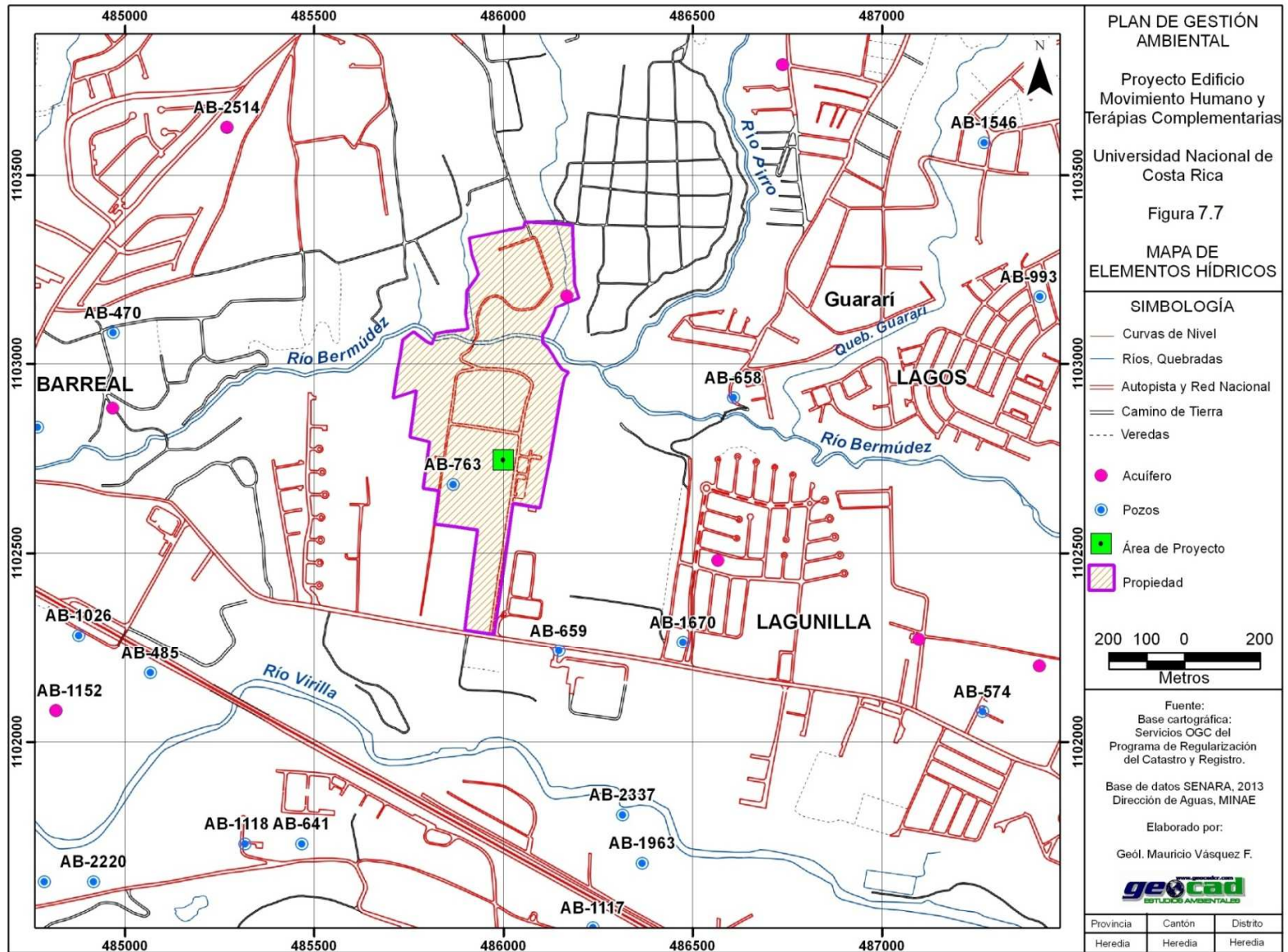
No. pozo	X	Y	Propietario
AB-1026	521210	216900	AYA
AB-1035	521630	218800	AyA
AB-1117	522570	216130	I.N.A.
AB-1118	521650	216350	I.N.A.

<b>AB-1152</b>	521150	216700	AyA
<b>AB-1442</b>	520700	217950	EMBOTELL. CENTROAMERICANA
<b>AB-1443</b>	520875	217950	EMBOTELL. CENTROAMERICANA
<b>AB-1546</b>	523603	218207	ESPH
<b>AB-1670</b>	522808	216883	ESPH
<b>AB-1892</b>	524100	217300	FLORIDA PRODUCTS
<b>AB-1963</b>	522700	216300	C.C.S.S.
<b>AB-1979</b>	521120	216250	ZONA INDUSTRIAL DEL OESTE S.A.
<b>AB-2124</b>	520660	218250	TRIMPOT ELECTRONICA SA
<b>AB-2220</b>	521250	216250	RECICLABLES PRO-AMBIENTE S.A.
<b>AB-2276</b>	522910	219250	C.C.S.S.HOSPITAL DE HEREDIA
<b>AB-2281</b>	520950	216140	RECICLABLES PRO AMBIENTE S.A.
<b>AB-2337</b>	522648	216427	INVERSIONES INTERCENTROAMERICANAS, S.A.
<b>AB-338</b>	521100	217450	ROHRMOSER
<b>AB-371</b>	520410	217570	ROHRMOSER
<b>AB-469</b>	523950	217360	SENARA AQUASUB
<b>AB-470</b>	521300	217700	CIA. CAFET. TOURNON
<b>AB-478</b>	523069	218412	ESPH
<b>AB-485</b>	521400	216800	C. CASTELLA
<b>AB-520</b>	520689	217387	ESPH
<b>AB-574</b>	523600	216700	AYA
<b>AB-577</b>	524100	217620	AYA
<b>AB-595</b>	524100	216900	PROYECTO ETAPA II
<b>AB-641</b>	521800	216350	HOSPITAL DE NIÑOS
<b>AB-644</b>	523960	217400	AYA .
<b>AB-658</b>	522940	217530	AYA
<b>AB-659</b>	522480	216860	AYA
<b>AB-763</b>	522200	217300	UNIVERSIDAD NACIONAL
<b>AB-993</b>	523750	217800	AYA
<b>ILG-179</b>	521030	217050	IMPORTADORA FRANCO-COSTARRICEN
<b>AB-2514</b>	521600	218245	ESPH (Emp. Serv. Públic. Heredia)
<b>INV-76</b>	522500	215800	Asociacion Pro-hospital Nacional De Niños (parque De Diversiones)
<b>INV-341</b>	523950	217360	AyA
<b>INV-342</b>	523950	217360	Aquasub

#### Condiciones hidrogeológicas del AP.

El acuífero Colima Superior es el que se ubica por debajo del AP. Presenta niveles en los pozos a profundidades de unos 80 m. Se entiende que dicho nivel pertenece al acuífero que está ubicado por debajo del espesor de tobas e ignimbritas de la Formación Tiribí y por ende está confinado.

La recarga del acuífero principal en el AP, en este caso el Colima Superior, ocurre en las zonas altas de la Cordillera Volcánica Central al noreste de San José. La dirección de flujo es en sentido oeste - suroeste y la descarga probablemente ocurra en el río Virilla hacia el suroeste de Cariari y Belén.



En los alrededores del AP no se encontraron evidencias de manantiales, sin embargo ante la presencia de algún punto de afloramiento de agua se debe realizar un análisis detallado e informar al hidrogeólogo. En el sitio afloran las unidades de tobas que son de alta porosidad y pueden absorber agua por infiltración. En las partes bajas pueden originar brotes de agua durante los meses lluviosos. Lo anterior no debe considerarse como nacientes, ya que el acuífero como tal en el AP se ubica a una profundidad de más de 80 m y se asocia al Colima Superior. La anterior condición no se observó en el AP. Ver figura N° 7.7

### 7.5.2.1 Vulnerabilidad a la contaminación

## ANÁLISIS DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

### Aplicación del método de vulnerabilidad G.O.D.

#### Vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.

Para el análisis de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero Colima Superior conformado en las rocas del subsuelo del AP y el AID, se usará el Método "G.O.D". (Por sus iniciales en inglés), el cual considera dos factores básicos:

- El grado de inaccesibilidad hidráulica de la zona saturada
- La capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero. (Foster, et al, 2002).

El índice de vulnerabilidad G.O.D. caracteriza la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos en función de los parámetros:

- Grado de confinamiento hidráulico
- Ocurrencia del sustrato suprayacente
- Distancia al nivel freático.

La ocurrencia del sustrato (O) se determinó con base en las litologías descritas en los mapas geológicos y los pozos perforados en el AID; para el proyecto los valores asignados los encontramos en el cuadro N° 7.13.

#### Cuadro N° 7.13.

PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y Terapias Complementarias.  
 Aplicación del Método "G.O.D". en el Análisis de la Vulnerabilidad a la Contaminación del Agua Subterránea en el Área del Proyecto.

PARÁMETRO	CLASIFICACIÓN	VALOR
Grado de confinamiento hidráulico	Confinado	0.20
Ocurrencia del sustrato suprayacente	Tobas volcánicas	0.60
Distancia al nivel del agua subterránea	> 50 metros	0.60
Valor del índice de vulnerabilidad	G x O x D	0.07
<b>Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero</b>	<b>Despreciable</b>	

Fuente: Elaboración propia

Según el análisis realizado la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del acuífero originado en el subsuelo del AP que sería el Colima Superior, se clasifica como despreciable, debido principalmente a la cobertura en la zona no saturada y la profundidad del agua subterránea.

Con proyecto o sin proyecto la vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas en el AP se considera despreciable, ya que no se contemplan excavaciones muy profundas como para pensar en que ocurra una alteración o modificación de las capas que cubren el acuífero Colima Superior, ubicado a más de 80 m.

## **7.6 Calidad del Aire**

Actualmente las condiciones de la calidad el aire del AP, son las propias de una ciudad en ámbito urbano, en donde a pesar de que no se compara con grandes ciudades del mundo, la pureza del aire no es la ideal. Como se ha desarrollado en otros puntos de este documento, el campus Benjamín Nuñez se encuentra en la localidad de Lagunilla, por lo que se ha considerado que la contaminación del aire por emisiones es importante, principalmente por estar rodeado de zonas industriales.

Se ha indentificado en el AP una importante cantidad de árboles distribuidos a todo lo largo del campus universitario, de modo que en su momento dichas especies ayudan a mitigar el problema tanto de contaminación por emisiones como del ruido si es que se presenta dentro del campus, actuando como una pantalla de amortiguamiento.

La legislación ambiental costarricense determina por medio del Decreto Nº 10541-TSS Reglamento para el control de ruido y vibraciones del 14 de setiembre de 1979, las regulaciones en cuanto a ruido para lugares de trabajo, es por esta situación que la implementación del mismo será de carater obligatorio en el desarrollo tanto de la construcción como de implementarlo durante la operación de los edificios.

Es importante destacar algunos puntos que se consideran en dicho reglamento, en donde se ha indicado que “En los locales de trabajo cuya intensidad superior a 85 dB (A) no se permitirá una exposición mayor a los trabajadores de 8 horas en el día y de 6 horas en la noche”, siendo estos lineamineamientos así parte de la seguridad laboral de los trabajadores.

De la misma forma “No se permitirá dentro del lugar de trabajo intensidades superiores a 90 dB (A) para ruidos intermitentes o de impacto, ni mayor de 85 dB (A) respecto a ruidos continuos, si los trabajadores no están provistos del equipo de personal adecuado que atenúe su intensidad hasta los 85 db (A)”, por esta razón se deberá de proveer el equipo necesario a los trabajadores que se vean expuestos a situaciones de este tipo.

En relación a los niveles de polvo en el AP y AID, no se identificaron focos generadores del mismo, por lo que se deberán de mantener dichas condiciones una vez se inicien la construcción del edificio a desarrollar para que no se afecte ni el campus ni a los vecinos colindantes.

## 7.7. Amenazas naturales

Las principales amenazas naturales para el proyecto según la zona morfotectónica en que se suscribe, está la sismicidad por el fallamiento activo en el Valle Central, la actividad volcánica que puede generarse en los volcanes Barva e Irazú y la sismicidad que en general puede afectar a todo el resto del territorio y que se genera en la zona de subducción frente a la costa Pacífica y a lo largo del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica.

### 7.7.1. Amenazas sísmica

Este es quizás el factor de amenaza más importante a tomar en cuenta en el AP y AID y para toda obra de infraestructura en el Valle Central. La sismicidad en el AP y AID está muy vinculada con la presencia de las fallas antes mencionadas y otras que podrían causar efectos en la zona y que están ubicadas en otros bloques tectónicos del país, como es el caso de Puriscal y Pacífico Central por ejemplo. La principal fuente sísmica cortical del Valle Central corresponde con las fallas asociadas al Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica. La zona de subducción constituye una fuente sísmica importante en donde los sismos generados se clasifican como interplaca o intraplaca dependiendo de la ubicación del hipocentro.

A continuación se detalla parte de la sismicidad histórica asociada a las fallas anteriormente señaladas dentro del Valle Central:

**Falla de Alajuela:** se le asocian los sismos destructivos del 15 de febrero de 1772 y del 30 de diciembre de 1888 como el Terremoto de Fraijanes (Peraldo & Montero, 1994) y enjambres de temblores con magnitudes inferiores a 4,0 que ocurren al norte del escarpe, entre los que destaca uno en noviembre de 1989 en el extremo este de la falla (Montero, 2001).

En el mapa de distribución de zonas sísmicas en Costa Rica (Fernández & Rojas, 2000) el AP se ubica en la zona 10 llamada Valle Central, donde el número anual de sismos de magnitud M mayor a 4,5 es de 0,1241 con un valor medio probable de máxima magnitud M que podría generar la fuente de 6,5 a una profundidad entre 2 y 15 km y la aceleración horizontal máxima 35% de g. Las intensidades máximas sentidas en la zona del AP han sido de VIII (conducción de vehículos difícil, daños de consideración en mampostería, caída de tanques elevados y monumentos, ramas de árboles se caen, grietas en terrenos húmedos y taludes inclinados).

Las unidades geológicas que conforman el AP muestran estabilidad por lo que se esperaría que no ocurrieran afectaciones importantes en los terrenos, la escasa pendiente que caracteriza el área la hace favorable ante la respuesta sísmica al ser poco probable los movimientos en masa del suelo, tales como deslizamientos o desprendimientos de material.

### 7.7.2 Fallas geológicas activas

Existen numerosas fallas activas en el Valle Central que podrían afectar el proyecto directa o indirectamente, están claramente identificadas en el Mapa Sismológico y Geotectónico de la Gran Área Metropolitana, escala 1:200 000 (Montero, 1993) y en el Atlas Tectónico de Costa Rica, hoja San José, escala 1:600 000 (Denyer et al., 2003).

El Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica es un sistema de fallas corticales que actúa como el límite oeste de la Microplaca de Panamá con la placa del Caribe y atraviesa la región central del país, incluye las fallas ubicadas entre el borde pacífico al este de la fosa Mesoamericana y las de la parte central del arco interno (algunas tratadas posteriormente en este apartado) hasta que el sistema de fallas se une en el Caribe con el Cinturón Deformado del Norte de Panamá (Montero, 2001).

En el arco interno donde las fallas son predominantemente inversas de rumbo WNW en el sector norte y en la parte interna del cinturón donde se ubica el Valle Central, son de desplazamiento de rumbo dextrales NW y sinestrales ENE a NE.

Se definen como neotectónicas aquellas fallas que han presentado desplazamiento durante el Cuaternario. Se detalla a continuación las características más relevantes de las fallas catalogadas como neotectónicas cercanas al AP.

#### **Falla Alajuela**

Tiene un rumbo oscilante y se extiende por unos 20km. Geomorfológicamente se caracteriza por levantamientos sublineales largos, con escarpes frontales facetados al sur, con uno o dos quiebres de pendientes. La parte trasera presenta contra escarpes de pendiente suave e inclinación al norte; los levantamientos tienen un relieve entre 50-200 m, un ancho entre 200-400 m, forman un patrón festoneado y su topografía muestra frecuentes saltos en escalera al cruzar los ríos; se asocian con un pliegue relacionado con una falla de propagación inversa que afecta rocas del Cuaternario Tardío y Holoceno (Borgia et. al., 1990).

Todas las fallas anteriores se clasifican como activas y han presentado actividad al menos de baja magnitud en el último siglo, como se verá más adelante. En el AP no se observaron evidencias de fallamiento.

#### **7.7.3 Amenaza volcánica**

De acuerdo con el mapa de amenaza sísmica del Gran Área Metropolitana (Paniagua, 1993) el AP se ubica en el extremo oeste del óvalo de afectación por caída de cenizas provenientes de la actividad del volcán Irazú.

Las estructuras volcánicas que conforman al Irazú son escudos volcánicos, cráteres y conos, tiene una altura máxima de 3432 msnm, ha presentado actividad histórica en los años 1723, 1917-20, 1924, 1928, 1930, 1933, 1939-40, 1962-65 y 1994. El volcán Irazú ha mantenido una actividad constante de tipo solfatárica-fumarólica y rara vez emisiones de vapor, la actividad ha sido principalmente de tipo vulcaniana. La última actividad significativa fue durante 1994 que presentó una pequeña explosión freática que produjo ceniza, bloques, arena y lodo, las partículas más finas se extendieron hasta 22km al oeste del volcán.

Las afectaciones a las obras que se construirán en el AP serán principalmente caída de cenizas, en caso de erupciones tipo plinianas o de ultraplinianas y lluvia ácida favorecida por la dirección de los vientos alisios. Las acumulaciones de cenizas deberán ser removidas a la mayor brevedad para evitar cualquier inconveniente o colapso por acumulación, también obstrucción de las alcantarillas



y sistemas pluviales; por otra parte se deben seguir las instrucciones de la Comisión Nacional de Emergencias en caso de alerta o actividad del volcán Irazú.

#### **7.7.3.2 Movimientos de masa**

No hay evidencias de movimientos en masa en los alrededores del AP. Por lo plano del terreno no se considera una amenaza los movimientos del terreno.

#### **7.7.3.2 Erosión**

En el AP no se observan indicios de erosión. Las aguas de escorrentía o pluviales en el Campus son tratadas mediante sistemas de caños. No hay formación de surcos ni cárcavas de erosión fluvial.

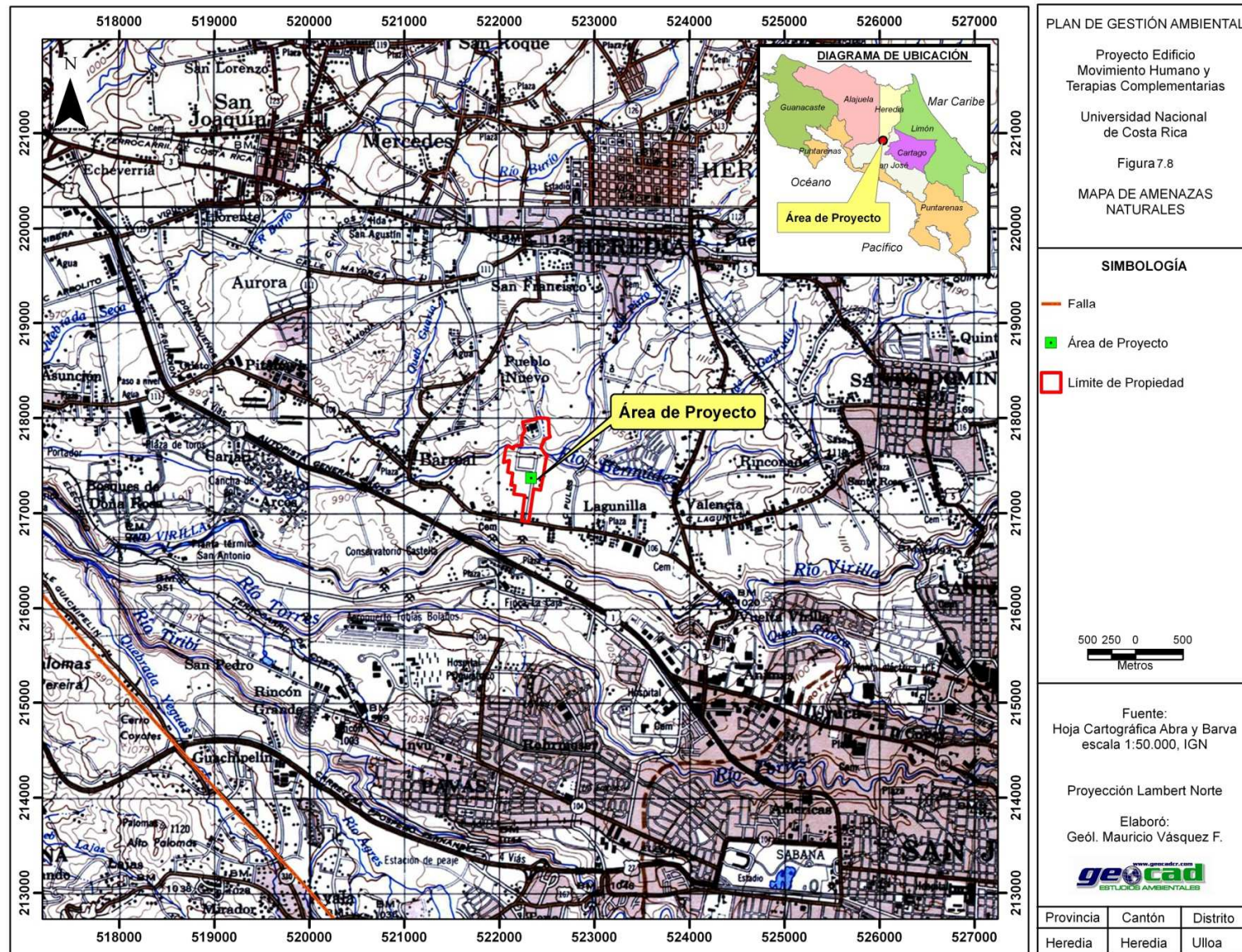
#### **7.7.3.4 Inundación**

No se considera la amenaza de inundación como un factor de riesgo para el AP ya que los terrenos a utilizar están a alturas muy por encima de los tirantes máximos de las crecidas del río Bermúdez y por ende no representa una amenaza de inundación a las futuras obras.

#### **7.7.3.5 Licuefacción, subsidencia y hundimientos**

Por las condiciones geotécnicas detectadas en los suelos del AP no existe potencial de licuefacción que constituya una amenaza al proyecto, los suelos tiene propiedades cohesivas y consistencias duras a rígidas, no existen capas de arenas sueltas ni tampoco niveles freáticos someros para que se dé la condición de licuefacción.

En la figura N° 7.8 se presenta el mapa de amenazas correspondiente.



## ***CAPITULO VIII DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE BIOLÓGICO***

### ***PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS***

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

**2014**

## **8.1 INTRODUCCIÓN**

A continuación se presenta una descripción de los principales componentes biológicos a saber especies de flora y fauna presentes en el Área de Proyecto (AP), Área de Influencia Directa (AID) y Área de Influencia Indirecta (AII) del proyecto ubicado en el cantón Heredia, Lagunilla, Universidad Nacional, Provincia de Heredia, hoja cartográfica ABRA 1:50000, editadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) (ver figura # 8.1).

El presente proyecto contempla la realización de obras civiles, en las inmediaciones del campus de Ciencias del Deporte y Veterinaria de la Universidad Nacional en Lagunilla de Heredia.

Las obras referidas se desarrollaran en varios sectores del campus en colindancia con obras ya establecidas o sobre otras que tendrán remodelación; su descripción de obra civil se desarrolla en el apartado correspondiente de cada plan de gestión ambiental.

Los terrenos ya cuentan con desarrollo de varios edificios universitarios mezclados con jardines arbolados, y zonas de remanentes de cultivos de frutales. Las áreas seleccionadas son de conformación mixta con pendientes suaves y están cubiertas de pastos o son zonas ya construidas.

Se hace referencia a las principales especies observadas en la zona y que representan los ecosistemas presentes, tanto para el AP como para el AID, así mismo se evalúan aquellas especies que se encuentran amenazadas, son endémicas o están en peligro de extinción.

### **8.1.1 Ambiente Terrestre o Estatus de protección del AP.**

Según el Sistema Nacional de áreas de conservación (SINAC), el AP esta dentro del Área de Cordillera Volcánica Central (ACCV), y no presenta ninguna categoría especial de protección.

#### **8.1.1.2 Zonas de vida**

Según la clasificación de zonas de vida de Holdrige, el área del proyecto se encuentra ubicada en la zona de vida de Bosque húmedo Premontano, la cual presenta un rango de precipitación entre 1200 y 2200 mm en promedio anual, con una temperatura que oscila entre los 17 y 24 ° C. La cobertura vegetal típica de esta zona de vida es semideciduo, de dos estratos, los árboles son de fustes cortos y macizos, poco densos y una altura promedio de 25 metros. Hay poca cantidad de epífitas. Las características climáticas de esta zona la hacen muy atractiva para el asentamiento humano por lo que también es la más alterada de todas, por la expansión urbana, donde existen hoy en día muy pocos relictos de la cobertura vegetal característica y original, centrándose en las zonas de protección de algunos de los ríos en caños de difícil acceso y en áreas protegidas.

Aunque el área está dentro de la zona anteriormente descrita ya su representación dentro del AP es muy escasa y no queda prácticamente casi ningún gran parche significativo de este tipo de asociación.

### 8.1.1.3 Asociaciones naturales presentes

Dentro del AP es posible identificar varias asociaciones vegetales presentes que serán descritas a continuación.

### 8.1.1.4 Cobertura vegetal actual por asociación natural

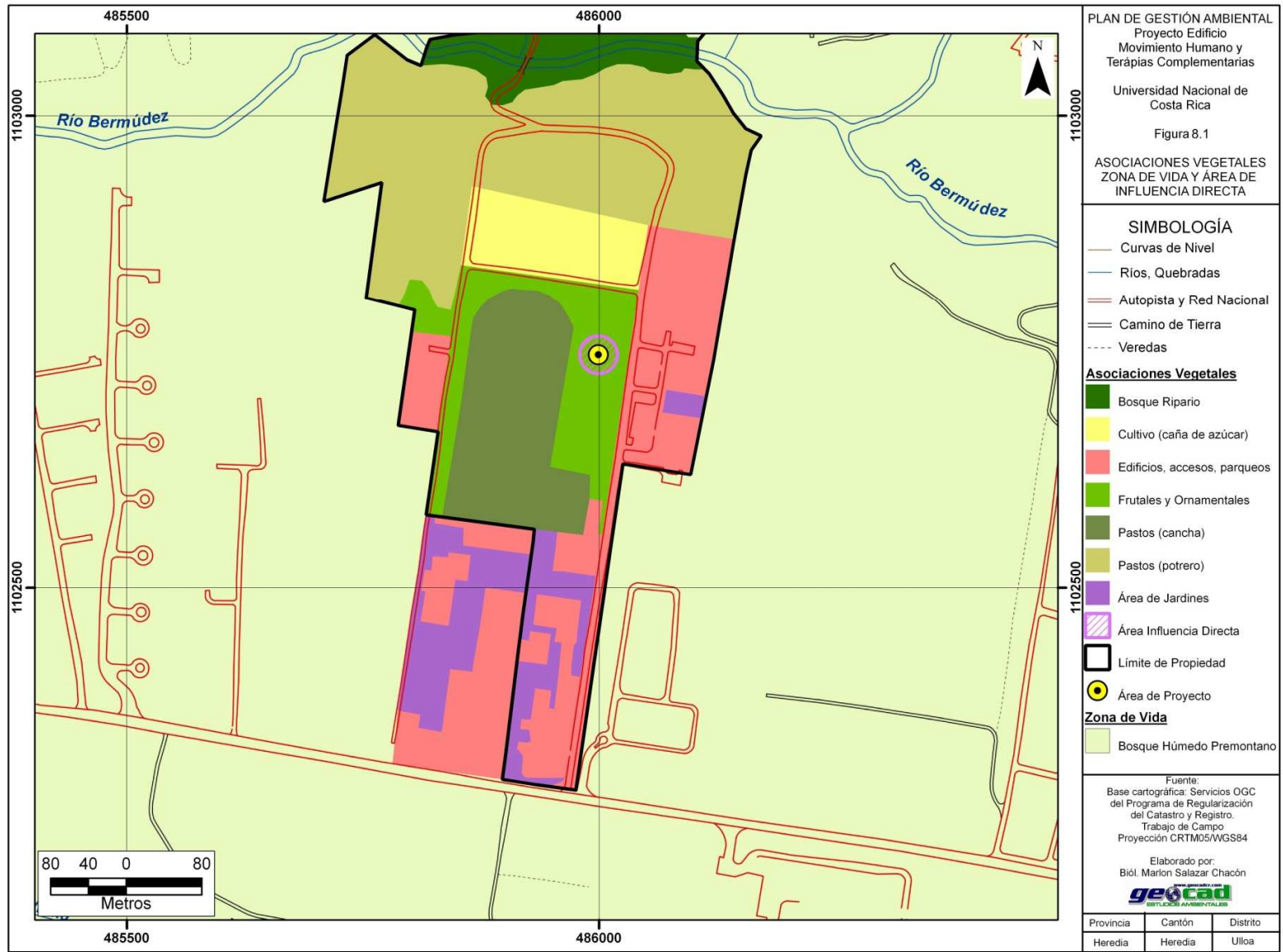
El área de influencia del proyecto Movimiento Humano y Terápias Complementarias, corresponde una área alterada con presencia de edificios, donde la cobertura vegetal presente está asociada a áreas de jardines donde predominan las especies ornamentales exóticas y nativas, y algunos remanentes de la cobertura vegetal nativa conformada por especies pioneras. En el cuadro 4.1 se enlistan las especies de plantas tanto exóticas como nativas presentes en los diferentes sectores donde se construirán los edificios.

En el AP (**Ver fotografía # 1**) corresponde a un **lote baldío** con algunos **árboles tanto frutales, forestales, ornamentales y nativos**. Entre las especies encontradas está el jocote (*Spondias purpure*), limón dulce (*Citrus limetta*), aguacate (*Persea americana*), guaba (*Inga vera*), cedro amargo (*Cedrela odorata*), yos (*Sapium glabulosum*), saraguindí (*Senna reticulata*), higueron (*Ficus jimenezii*), chirca venenosa (*Thevetia peruviana*).



**Fotografía 1.** Vista panorámica del ambiente en zona de edificios lagunilla, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Fuente: M. Salazar 2013.

En el mapa de vegetación (ver **Figura 8.1**) se hace referencia al uso de suelo actual dentro del AP, AID y AII que se presenta en la zona, donde se nota claramente la dominancia de las **zonas de jardines** y en todo el AP, por encima de otra cobertura existente como **zonas de árboles frutales y pastizales**.



#### **8.1.1.5 Especies indicadoras por ecosistema natural**

De las especies encontradas no se determinaron especies indicadoras, predominan la flora de jardines.

Son comunes aunque en muy baja densidad las especies típicas de áreas abiertas y asociadas a sitios con poca cobertura vegetal como ardillas comunes, aves como los pechos amarillos y palomas ala blanca.

#### **Fauna**

Durante el estudio solo se pudieron observar 14 especies de aves (cuadro 2, con \*), y según las características y condiciones del sitio se esperaría observar adicionalmente unas 27 más. Las especies observadas como las esperadas son especies capaces de sobrevivir en áreas con un alto grado de alteración, áreas urbanas donde la mayoría de la cobertura vegetal está conformada por especies ornamentales. Las especies que se observaron con mayor frecuencia durante la visita fueron los cucaracheros (*Troglodytes aedon*) el yigüirro (*Turdus grayi*) y los come maíces (*Zonotricha capensis*).

La única especie de mamífero observada durante la visita fue la ardilla común (*Sciurus variegatoides*) sin embargo es de espera la presencia mapaches (*Procyon lotor*) y zorros pelones (*Didelphis marsupialis*) en el área (cuadro 9). En este sitio se observó a la lagartija chisbala (*Ameiva festiva*), especie típica de áreas relativamente alteradas donde se asocia a vegetación de senderos, caminos y ecotonos.

Las especies de fauna asociadas a este hábitat, son especies capaces de sobrevivir en ambientes alterados con relativamente poca presencia de cobertura vegetal nativa.

Durante el estudio se lograron observar 11 especies de aves (cuadro 2, con \*), sin embargo se pueden llegar a observar hasta 25 especies de aves más, según la zona de vida y las características del hábitat, por lo que tanto las especies observadas como las esperadas son especies capaces de sobrevivir en áreas con un alto grado de alteración; como lo son las áreas urbanas donde la mayoría de la cobertura vegetal está conformada por especies ornamentales. Las especies que se observaron con mayor frecuencia durante la visita fueron las viuditas (*Thraupis episcopus*) el yigüirro (*Turdus grayi*) y los come maíces (*Zonotricha capensis*).

La única especie de mamífero observada durante la visita fue la ardilla común (*Sciurus variegatoides*) sin embargo es de esperar la presencia mapaches (*Procyon lotor*) en el área (cuadro 3), ya reportadas en las inmediaciones del campus.

#### **8.1.1.6 Especies endémicas, con poblaciones reducidas o en vías de extinción**

Se registró una especie de flora catalogada como amenazada, el cedro amargo (*Cedrela odorata*), estas se ubican en la zona de árboles frutales y zona de pastizales al borde de cerca con malla.

Dentro de la fauna según la revisión del sitio la única especie bajo CITES II y bajo peligro de extinción como la mayoría de Psitácidos de nuestro país son los pericos frente roja, especie muy común en las inmediaciones urbanas y que regularmente coloniza edificios y utiliza como sitio de refugio y reproducción. Estas aves se observaron en sobrevuelo sobre el AII, en sitios al noroeste, sobre límites del campus. (MINAE-MN-INBio 1998, Jiménez 1999, UICN 2001, INBio 2013).

### 8.1.1.7 Fragilidad de ecosistemas

No se determinaron ecosistemas frágiles para el área del AP.

**Cuadro 8.1.**

PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y  
 Terapias Complementarias

Especies de flora nativa y exótica observadas en el área de proyecto y área de influencia directa,  
 Campus Universidad Nacional, Lagunilla, Heredia, Costa Rica. 2013.

<b>Familia / Especie</b>	<b>Nombre Vernáculo</b>	<b>Hábito</b>	<b>Origen</b>
<b>Acanthaceae</b>			
<i>Megaskepasma erythrochlamys</i>	Pavón rojo	Arbustivo	exótica
<b>Agavaceae</b>			
<i>Yuca guatemalensis</i>	flor de ithabo	Arbustivo	exótica
<b>Anacardiaceae</b>			
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Arbóreo	exótica
<i>Spondias purpurea</i>	jocote	Arbóreo	Nativa
<b>Annonaceae</b>			
<i>Annona muricata</i>	guanabana	Arbóreo	Nativa
<b>Araceae</b>			
<i>Monstera deliciosa</i>	mano de tigre	Herbáceo	Nativa
<i>Cordyline sp.</i>	Caña india roja	Arbustivo	exótica
<b>Asteraceae</b>			
<i>Montanoa hibicifolia</i>	tora	Herbáceo	Nativa
<b>Bignoniaceae</b>			
<i>Jacaranda mimosifolia</i>	jacaranda	Arbóreo	exótica
<i>Spathodea campanulata</i>	llama del bosque	Arbóreo	exótica
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble de sabana	Arbóreo	Nativa
<b>Cupresaceae</b>			
<i>Cupresus lucitanca</i>	cipres	Arbóreo	Nativa
<b>Euphorbiaceae</b>			
<i>Codiaeum variegatum</i>	croto	Arbustivo	exótica
<i>Croton draco</i>	targua	Arbóreo	nativa
<i>Croton niveus</i>	colpachí	Arbóreo	nativa
<i>Euphorbia cotinifolia</i>	Barrabás	Arbóreo	exótica
<i>Ricinus communis</i>	higerilla	Arbustivo	nativa
<i>Sapium gladiosum</i>	yos	Arbóreo	Nativa
<b>Fabaceae/Caesalpinoidea</b>			
<i>Bauhinia purpurea</i>	árbol de orquidea	Arbóreo	exótica
<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	malinche	Arbustivo	exótico
<i>Delonix regia</i>	malinche	Arbóreo	exótica
<b>Fabaceae/Mimosoidea</b>			
<i>Cojoba arborea</i>	Lorito, ardilla	Arbóreo	Nativa
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	Arbóreo	Nativa
<i>Samanea saman</i>	Genizaro	Arbóreo	Nativa
<b>Fabaceae/Papilionoidea</b>			



<i>Diphysa americana</i>	guachipelin	Arbóreo	Nativa
<i>Erythrina poeppigiana</i>	poro	Arbóreo	exótica
<b>Lauraceae</b>			
<i>Cinnamomum triplinerve</i>	aguacatillo	Arbóreo	Nativa
<b>Lythraceae</b>			
<i>Lagerstroemia speciosa</i>	orgullo de la india	Arbóreo	exótica
<b>Malvaceae</b>			
<i>Ceiba pentandra</i>	ceiba	Arbóreo	Nativa
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	amapola	Arbustivo	exótica
<i>Malvaviscus arboreus</i>	quesillo	Arbustivo	Nativa
<b>Melastomataceae</b>			
<i>Miconia argentea</i>	maría	Arbustivo	Nativa
<b>Meliaceae</b>			
<i>Cedrela odorata</i>	cedro amargo	Arbóreo	Nativa
<i>Melia azedarach</i>	cedro	Arbóreo	exótica
<i>Swietenia macrophylla</i>	caoba	Arbóreo	Nativa
<i>Trichilia havanensis</i>	uruca	Arbóreo	nativa
<b>Moraceae</b>			
<i>Ficus elastica</i>	higueron, caucho	Arbóreo	exótica
<i>Ficus insipida</i>	higueron	Arbóreo	nativa
<b>Myrtaceae</b>			
<i>Eucalyptus sp.</i>	eucalipto	Arbóreo	exótica
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	cas	Arbóreo	nativa
<i>Psidium guajava</i>	guayaba	Arbóreo	Nativa
<b>Nyctaginaceae</b>			
<i>Bougainvillea glabra</i>	Veranera	Arbustivo	Exótica
<b>Picramniaceae</b>			
<i>Picramnia antidesma</i>	quina	Arbóreo	Nativa
<b>Poaceae</b>			
<i>Pennisetum purpureum</i>	gigante	Arbustivo	exótico
<b>Proteaceae</b>			
<i>Grevillea robusta</i>	gravilea	Arbóreo	exótica
<b>Solanaceae</b>			
<i>Acnistus arborescens</i>	güitite	Arbóreo	Nativa

### Cuadro 8.2.

PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y  
 Terapias Complementarias

Especies de aves observadas \* y esperadas en el área de proyecto y área de influencia directa,  
 Campus Universidad Nacional, Lagunilla, Heredia, Costa Rica. 2013.

ORDEN/ Familia	Especie	Nombre vernáculo
<b>ACCIPITRIFORMES</b>		
<b>Cathartidae</b>	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote Cabecirrojo
	<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote Negro
<b>COLUMBIFORMES</b>		

<b>Columbidae</b>	<i>Patagioenas flavirostris</i> *	Paloma Colorada
	<i>Zenaida asiatica</i> *	paloma aliblanca
<b>PSITTACIFORMES</b>		
<b>Psittacidae</b>	<i>Aratinga finschi</i> *	Perico frentirojo
<b>CUCULIFORMES</b>		
<b>Cuculidae</b>	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero Piquiliso
	<i>Piaya cayana</i>	Cuco Ardilla
<b>APODIFORMES</b>		
<b>Apodidae</b>	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejón Collarejo
<b>Trochilidae</b>	<i>Amazilia saucerrottei</i>	Amazilia culiazul
	<i>Amazilia tzacatl</i>	Amazilia Rabirrufa
<b>CORACIFORMES</b>		
<b>Momotidae</b>	<i>Momotus momota</i>	Momoto Común
<b>PICIFORMES</b>		
<b>Picidae</b>	<i>Melanerpes hoffmanii</i>	carpintero
<b>PASSERIFORMES</b>		
<b>Tyrannidae</b>	<i>Contopus sordidulus</i>	Pibí Tropical
	<i>Elaenia flavogaster</i>	Elaenia Copetona
	<i>Megarhynchus pitangua</i>	pecho amarillo
	<i>Myiozetetes granadensis</i>	Mosquetero Cabecigrís
	<i>Myiozetetes similis</i>	Mosquetero Cejiblanco
	<i>Pitangus sulphuratus</i> *	Bienteveo Grande
	<i>Tyrannus melancholicus</i> *	Tirano Tropical
<b>Tityridae</b>	<i>Tityra semifasciata</i>	Tityra Carirroja
<b>Corvidae</b>	<i>Psilorhinus morio</i> *	Piapia
<b>Troglodytidae</b>	<i>Troglodytes aedon</i> *	Soterrey Cucarachero
<b>Turdidae</b>	<i>Catharus ustulatus</i>	Zorzal de Swainson
	<i>Turdus grayi</i> *	Mirlo Pardo
<b>Parulidae</b>	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Reinita Cabecicastaña
	<i>Mniotilta varia</i>	Reinita Trepadora
	<i>Setophaga pensylvanica</i> *	Reinita de Costillas Castañas
	<i>Setophaga petechia</i>	Reinita Amarilla
<b>Thraupidae</b>	<i>Piranga rubra</i>	Tangara Veranera
	<i>Thraupis episcopus</i> *	Tangara Azuleja, viudita
	<i>Thraupis palmarum</i>	Tangara Palmera
<b>Emberizidae</b>	<i>Saltator caerulescens</i>	Saltator Grisáceo
	<i>Saltator maximus</i>	Saltator Gorgianteado
	<i>Zonotricha capensis</i> *	come maíz
<b>Icteridae</b>	<i>Dives dives</i>	Puis
	<i>Icterus galbula</i>	Bolsero Norteño
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Clarinero ó Zanate Grande

**Cuadro 8.3.**

PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y  
Terapias Complementarias

Especies de mamíferos observados \* y esperados en el área de proyecto y área de influencia  
directa, Campus Universidad Nacional, Lagunilla, Heredia, Costa Rica. 2013.

<b>ORDEN/ Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre vernáculo</b>
<b>RODENTIA</b>		
<b>Sciuridae</b>	<i>Sciurus variegatoides*</i>	ardilla común
<b>CARNIVORA</b>		
<b>Procyonidae</b>	<i>Procyon lotor</i>	mapache

## ***CAPITULO IX DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE SOCIOECONÓMICO***

### ***PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO MOVIMIENTO HUMANO Y TERAPIAS COMPLEMENTARIAS***

---

***Universidad Nacional***



***Heredia, Heredia, Ulloa***

**2014**

### 9.1 Uso actual de la tierra en sitios aledaños

El recorrido por el Área del Proyecto (AP), así como por sus sitios aledaños, permitió identificar como usos predominantes de la tierra los siguientes:

- Académico. El AP se localiza dentro del “Campus Benjamín Núñez” en el cual existen las escuelas de “Ciencias del Movimiento Humano y Calidad de Vida”, “Informática”, “Medicina Veterinaria”, así como el “Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible” y el “Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales”.
- Deportivo y/o recreativo. Dado fundamentalmente por la existencia de una serie de infraestructuras deportivas y recreativas dentro del “Campus Benjamín Núñez” de la Universidad Nacional (UNA), espacios que son utilizados por personas vinculadas con dicha institución (estudiantes, trabajadores) así como por personas que viven en varios desarrollos habitacionales de la zona.
- Habitacional. En el sector de análisis se ubican una serie de desarrollos habitacionales bajo el concepto de urbanizaciones y casas independientes en condominio, entre los que se pueden mencionar “Real Santamaría”, “Real Santamaría Este”, “Real Santamaría Oeste” y “Residencial Privacía”.
- Institucional. En los sitios aledaños al AP se localizan las oficinas del Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA), órgano con desconcentración mínima y personería jurídica instrumental adscrito al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
- Industrial. El sector de “Lagunilla”, área en la que se ubica el “Campus Benjamín Núñez” se caracteriza por la existencia de una serie de establecimientos dedicados a la actividad industrial y de almacenaje de mercaderías (“Laboratorios Griffit”, “Ultrapark II”), así como por las instalaciones de la Revisión Técnica Vehicular (RTV).
- Comunal. Se trata de espacios en los cuales los habitantes de la zona llevan a cabo distintas actividades. Algunos de estos espacios están dados por la “Escuela Villalobos y la iglesia católica de Lagunilla, así como el cementerio de Barreal.

Con las siguientes Fotografías se evidencia algunos de los usos de la tierra presente en los sitios aledaños al AP:



**Fotografía N° 1** Ejemplo del uso industrial de la tierra en los sitios aledaños al AP (MAPG-Noviembre, 2013)



**Fotografía N° 2.** Entrada al "Campus Benjamín Núñez" de la UNA y dentro del cual se localiza el AP (MAPG-Noviembre, 2013)



**Fotografía N° 3.** Ejemplo del uso habitacional de la tierra en el sector cercano al AP: "Residencial Real Santamaria Este" (MAPG-Noviembre, 2013)



**Fotografía N° 4.** Instalaciones del SENASA en las cercanías del AP, dentro de "Campus Benjamín Núñez" (MAPG-Noviembre, 2013)

En la figura N° 9.1 se representa la ubicación de los principales usos de la tierra existente en los sitios aledaños al AP.

En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema de usos de la tierra, el principal cambio se daría en el mismo AP, ya que éste dejaría de ser un espacio sin uso específico para dar lugar a una edificación y/o infraestructura en la que se llevarían a cabo actividades académicas y de oficina, lo que sería congruente con la actividad principal que se da en los sitios aledaños al AP, dada por las instalaciones del "Campus Benjamín Núñez".

## 9.2. Características culturales y sociales de la población

La población que se localiza en los sitios aledaños al AP forma parte del distrito "Ulloa", mismo que para el año 2007 registró un Índice de Desarrollo Social (IDS) del 63.1, lo que ubicó a ese distrito en la posición 124 entre los 469 distritos con que contaba el país en ese año (MIDEPLAN, 2007).

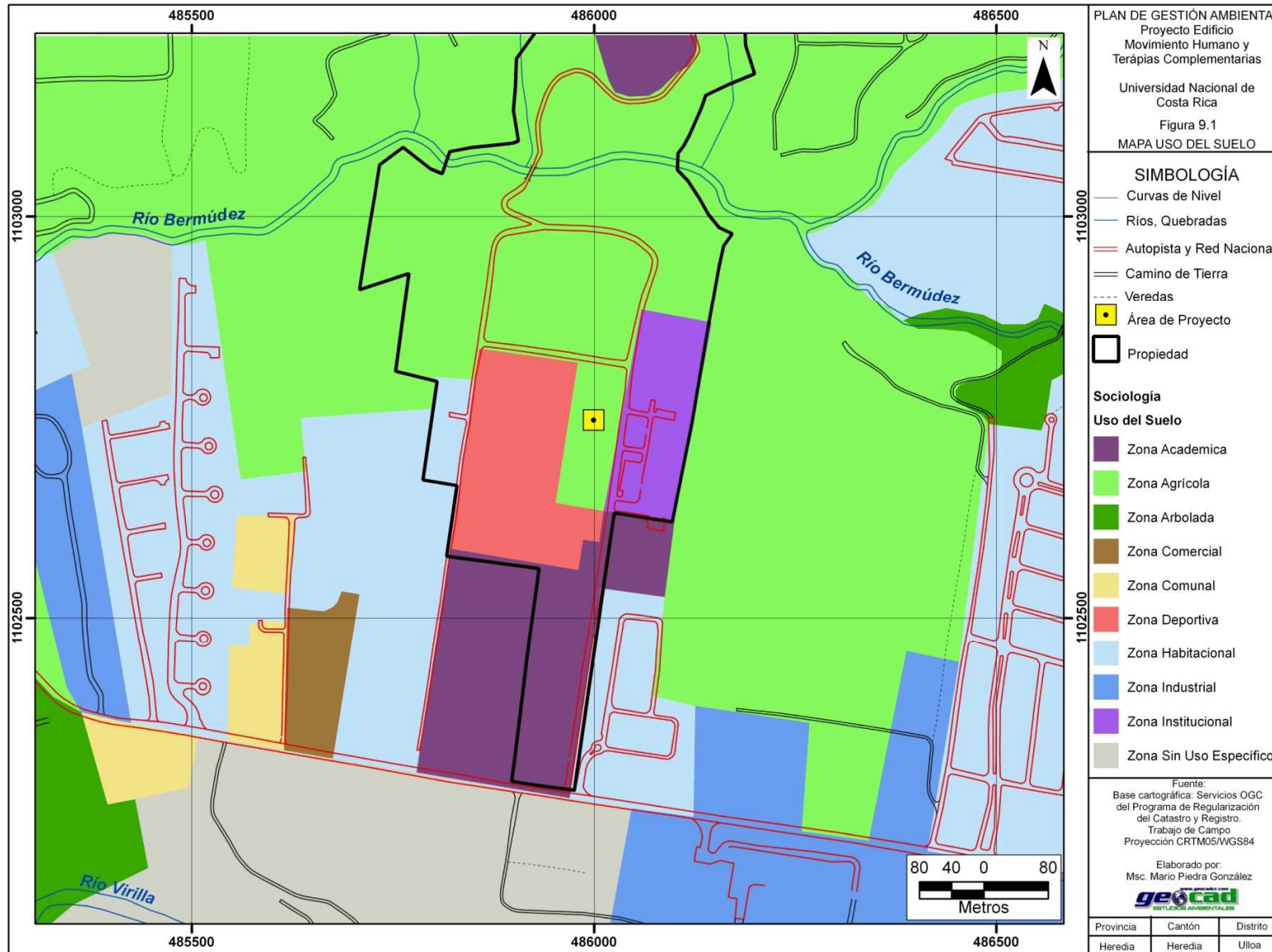
El IDS es “un índice que comprende cuatro dimensiones: económica, participación social, salud y educación y compuesto por once indicadores relativos al consumo promedio residencial de electricidad, viviendas con acceso a internet, mortalidad de niños menores de 5 años, bajo peso en niños y niñas, nacimientos de hijos de madres solteras menores de 19 años, cobertura de agua potable, infraestructura educativa, programas educativos especiales, escuelas unidocentes, reprobación escolar y participación electoral. Su rango de variación oscila entre 100 puntos como mejor situación y 0 puntos como peor situación” (MIDEPLAN, 2007).

En lo que se refiere a características culturales y sociales de los sitios aledaños al AP, se debe comentar que el distrito “Ulloa” posee un territorio 100.0% urbano, en el que habitan 29266 personas y posee una densidad de población de aproximadamente de 2527 personas por kilómetro cuadrado (INEC, 2013).

La población del distrito representa el 23.7% de toda la población del cantón de Heredia y la distribución por sexo establece que en el distrito habitan 92 hombres por cada 100 mujeres. En lo que se refiere a grupos de edad, en el distrito el 32.4% de la población es menor de 20 años; un 62.2% de las personas se ubica en la edad productiva (20 a 64 años de edad) y un 5.4% son personas adultas mayores (INEC, 2013).

Al analizar lo relacionado con los lugares de nacimiento de la población que habita actualmente en el distrito, se tiene que un 44.7% de las personas nacieron en el cantón de Heredia, un 43.1% de las personas nació en otro cantón y un 12.2% de las personas son extranjeras (INEC, 2013). Otras estadísticas culturales y sociales del distrito “Ulloa” se resumen en el siguiente cuadro estadístico:

<b>Cuadro N° 9.1.</b>	
PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y Terapias Complementarias	
Distrito Ulloa: Indicadores Culturales y Sociales (%)	
<b>Indicador</b>	<b>%</b>
✓ Población sin acceso a servicios de CCSS	9.9
✓ Población con algún tipo de discapacidad	10.4
✓ Población que no sabe leer o escribir	4.4
✓ Población con 1 o más años de rezago escolar	14.0
✓ Población con estudios superiores	24.4
✓ Población con título de educación formal	87.4
✓ Viviendas ocupadas independientes	85.4
✓ Viviendas ocupadas con 5 o más habitantes	22.6
✓ Viviendas ocupadas con más de un hogar	2.7
<b>Fuente:</b> Datos del Censo Nacional 2011 (INEC, 2013)	





En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema de las características culturales y sociales, se puede comentar que la actividad propuesta para el AP (edificación de un edificio para actividades académicas y de oficina) podría tener repercusiones en la zona ya que mejorará la actividad académica del “Campus Benjamín Núñez”, aspecto que podría traducirse en una mayor capacidad para recibir más estudiantes, quienes podrían provenir de los sitios aledaños, tales como “Lagunilla” y “Barreal”.

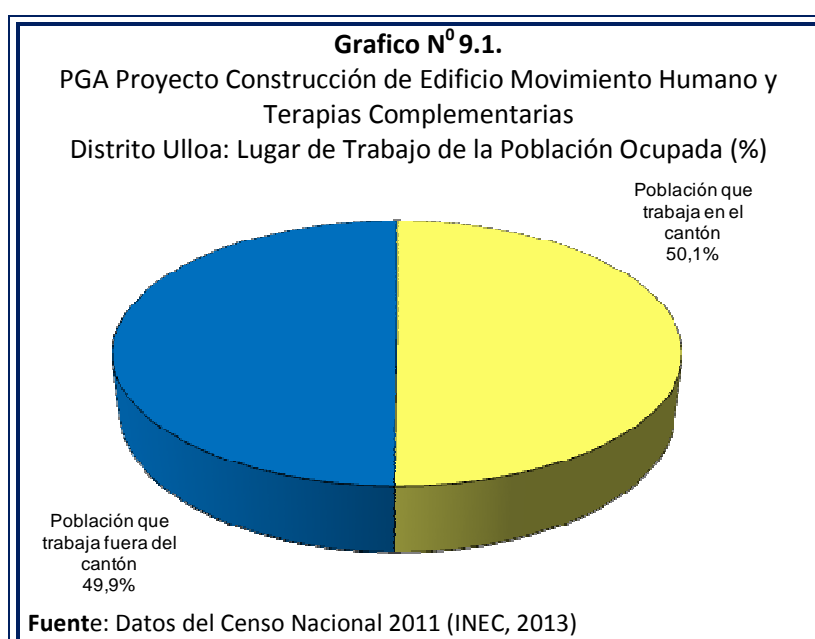
### 9.2.1 Económicas

En lo que se refiere a características económicas, un primer elemento que se debe señalar es que el 57.5% de la población con edad de 12 años o más que habita en el distrito “Ulloa” forma parte de la Población Económicamente Activa (PEA), mientras que el 42.5% restante integra la Población Económicamente Inactiva (PEI) del distrito (INEC, 2013).

En lo que a desempleo abierto concierne, el distrito “Ulloa” registró en el año 2011 un 3.3% de población desocupada, al tiempo que un 14.2% de las personas que trabajan lo hacen en actividades propias y un 77.4% son asalariados (INEC, 2013).

Al analizar los sectores de la economía en los que están ocupadas las personas del distrito que trabajan, se tiene que un 0.9% lo hace en el sector primario, un 29.1% en el sector secundario y un 70.0% de las personas se ocupa en actividades del sector terciario, referido a la prestación de bienes y servicios (INEC, 2013).

Por otra parte, una de las principales características económicas del distrito “Ulloa” así como de la totalidad del cantón de Heredia, está relacionada con las opciones de empleo que ofrece a sus habitantes, quienes en algunos casos deben desplazarse a otros territorios para llevar a cabo sus actividades laborales, tal y como se visualiza en el siguiente gráfico:



La influencia del Proyecto en las características económicas de los sitios aledaños al AP así como en otros sectores del distrito “Ulloa” serían muy limitadas y se concentrarían eventualmente durante la etapa de construcción del edificio para actividades académicas y de oficina, ya que en esa etapa se requerirá mano de obra para los distintos componentes de la infraestructura a desarrollar.

Sin embargo, considerando que la edificación del Proyecto posiblemente se le asigne a un contratista y que la población de la zona se dedica a otro tipo de actividades económicas, más orientadas a la prestación de bienes y servicios, no se prevé que la construcción y operación de la actividad propuesta para el AP sea un factor que modifique las características económicas del sector de análisis.

### **9.3. Seguridad vial y conflictos actuales de circulación vehicular**

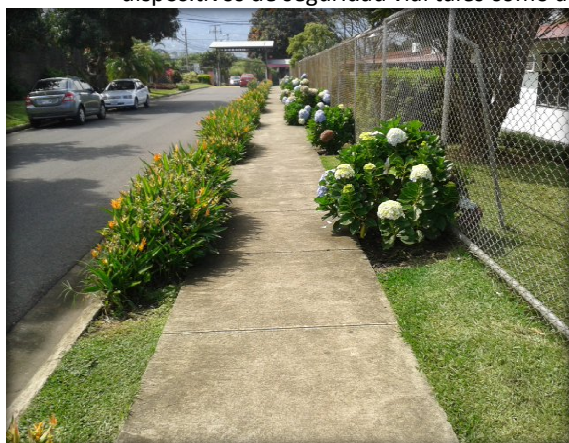
Dentro del AP no se da la circulación de vehículos ya que se trata de un terreno sin acceso para automotores. En los sitios aledaños al terreno donde se construiría el edificio de aulas, laboratorios y oficinas, se identificaron las siguientes características:

- Existe una calle de acceso que permite llegar hasta el AP así como a otras instalaciones del “Campus Benjamín Núñez” y a las oficinas de SENASA,
- Dicha calle, que se deriva de la carretera principal que comunica al “Campus” con “Lagunilla” o “Barreal”, está asfaltada, consta de dos carriles, se encuentra en buen estado y dispone en algunos tramos de sistemas para el manejo adecuado de las aguas de escorrentía (cunetas, alcantarillas, etc.),
- A lo largo de esa vía, de aproximadamente 1 kilómetro, existen algunos tramos con aceras para la seguridad de los peatones que caminan por el sitio (estudiantes, trabajadores y/o visitantes del “Campus” así como de las oficinas de SENASA),
- El tránsito de vehículos por la vía que da acceso al AP es constante y consiste en los automotores de las personas que llegan a hacer uso de las instalaciones del “Campus” o bien hacer gestiones en las oficinas del SENASA,
- En las afueras del “Campus” se ubica la carretera que comunica a éste con “Lagunilla” o “Barreal” (Ruta N° 106), en la cual el tránsito vehicular es constante y de todo tipo, particularmente de vehículos pesados por el tipo de actividad que se da en la zona (industrial y de almacenaje de mercaderías),
- Tal situación permite determinar que en los sitios aledaños al AP se presentan conflictos de circulación vehicular por dos situaciones: i) el estacionamiento de vehículos en uno de los dos carriles que conforman la vía de acceso al “Campus” por la falta de espacios para estacionamiento, ii) la intersección que se forma entre dicha vía y la carretera principal entre “Lagunilla” y “Barreal” (Ruta N° 106).

Con las siguientes Fotografías se evidencian las características de seguridad vial y de circulación de vehículos en el sector de análisis:



**Fotografías N° 5 y 6** Vista general de las características de tránsito vehicular y seguridad vial que se da en las afueras del “Campus Benjamín Núñez”, sobre la carretera que conduce a “Lagunilla” o “Barreal” (Ruta N° 106) y que se caracteriza por un tránsito constante y de todo tipo de automotores, así como por la ausencia de dispositivos de seguridad vial tales como aceras o demarcación (MAPG-Noviembre, 2013)



**Fotografía N° 7.** Vista parcial de uno de los tramos de aceras que existen sobre la calle que conduce al AP (MAPG-Noviembre, 2013)



**Fotografía N° 8.** Características de tránsito vehicular dentro del “Campus Benjamín Núñez” (MAPG-Noviembre, 2013)



**Fotografías N° 9 y 10.** Vista general de las características que poseen las calles más cercanas al AP. A la izquierda un tramo de la calle al costado Este del AP. A la derecha un tramo de la calle que se ubica al costado Norte del AP. Ambas calles carecen de aceras para peatones (MAPG-Noviembre, 2013).

En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema seguridad vial y conflictos de circulación vehicular, se puede comentar que el principal impacto se dará durante las labores de construcción de la edificación que contendrá las aulas, laboratorios y oficinas, ya que dicha actividad implicará un incremento en el tránsito de vehículos pesados por la zona (vagonetas, camiones de carga, etc.) los cuales serán los encargados de transportar hasta el AP los materiales necesarios para construir la obra. Ante ello, se deberán tomar las medidas preventivas que adviertan la presencia en la zona de ese tipo de vehículos, particularmente en la intersección que se da entre la calle que da acceso al “Campus” con la calle principal entre “Lagunilla” y “Barreal” (Ruta N° 106).

#### 9.4. Servicios de Emergencia disponibles

Dentro del AP, por tratarse de un terreno sin edificaciones, no existen servicios de emergencia. En lo que se refiere a los sitios aledaños, el recorrido permitió identificar varios dispositivos para la atención de emergencias, particularmente sistemas para la atención de incendios (hidrantes), ubicados tanto en las instalaciones del “Campus” como de SENASA.



**Fotografiografía 11.** Ejemplo del tipo de servicio de emergencia identificado en los sitios aledaños al AP. Se trata de un hidrante en las instalaciones del SENASA, frente al costado Este del AP (MAPG- Noviembre, 2013).

Igualmente, el personal de las instalaciones del “Campus” cuenta con un sistema de telecomunicaciones (radios) para comunicarse con otros funcionarios, tanto en el sitio como en el “Campus Omar Dengo”.

Otras instancias que podrían atender situaciones de emergencia en el AP se concentran en la ciudad de Heredia, aproximadamente a 3.5 kilómetros del “Campus Benjamín Núñez”.

En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema de servicios de emergencia, se debe comentar que la construcción y operación de la infraestructura académica y de oficinas vendría a reforzar la cobertura de la zona por dispositivos para la atención de incendios, así como por la dotación al personal de dicha edificación de equipos de telecomunicaciones (radios) que podrían ser utilizados para la atención de cualquier tipo de emergencia en el AP o sus sitios aledaños.

### 9.5. Servicios básicos disponibles

Dentro del AP no existen servicios básicos ya que se trata de un terreno cubierto por vegetación variada y sin infraestructuras o edificaciones que requieran de dichos servicios. Por su parte, en los sitios aledaños al AP la situación referente a servicios básicos se indica en el siguiente cuadro:

<b>Cuadro N° 9.2.</b>		
PGA Proyecto Construcción de Edificio Movimiento Humano y Terapias Complementarias		
Servicios Básicos Identificados en Sitios Aledaños al AP		
<b>Servicios básicos</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>
✓ Abastecimiento de agua por acueducto	X	
✓ Educación primaria	X	
✓ Educación secundaria		X
✓ Energía eléctrica	X	
✓ Establecimientos comerciales (abastecedores, pulperías, etc.)	X	
✓ Recolección de desechos sólidos	X	
✓ Salud-EBAIS (CCSS)		X
✓ Salud-Cínica (CCSS)		X
✓ Salud-Hospital (CCSS)		X
✓ Salud-Consultorios privados	X	
✓ Seguridad pública	X	
✓ Sistema de alcantarillado pluvial	X	
✓ Sistema de alcantarillado sanitario		X
✓ Sistema de tanque séptico	X	
✓ Telefonía fija (residencial)	X	
✓ Telefonía móvil (celular)	X	
✓ Telefonía pública	X	
✓ Transporte público (autobús)	X	
✓ Transporte público (taxis)	X	
<b>Fuente:</b> Elaboración propia recorrido por sitios aledaños al AP (MAPG-Noviembre, 2013)		

En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema de servicios básicos, se debe comentar que la construcción y operación del edificio de aulas, laboratorio y oficinas podría representar una mayor demanda en algunos servicios básicos, particularmente los referidos al abastecimiento de agua, recolección de desechos sólidos y disposición de aguas negras, ya que la edificación a construir se fundamenta en distintas actividades humanas por lo que se deberá coordinar con las instituciones proveedoras de esos servicios para que éstas incluyan dentro de sus planes

operativos la prestación de esos servicios sin que ello signifique una merma en la calidad de los servicios que recibe actualmente la población que reside y/o trabaja en los sitios aledaños al AP.

### 9.6. Infraestructura comunal

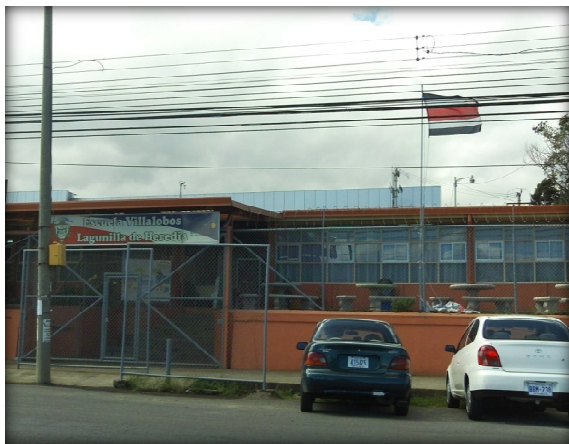
Dentro del AP no existen infraestructuras comunales ya que se trata de un terreno cubierto por vegetación variada. Por su parte, en los sitios aledaños al AP, tanto en las instalaciones del “Campus Benjamín Núñez” como en las afueras de éste, las infraestructuras comunales identificadas fueron las siguientes:

- Espacios deportivos y/o recreativos. Dentro del “Campus Benjamín Núñez” y en los sitios aledaños al AP existen varios espacios que son utilizados por estudiantes y trabajadores de la UNA, así como de personas que viven en la zona para practicar deporte o recrearse, entre los que se pueden mencionar: i) plaza de fútbol, ii) pista atlética, iii) canchas multiusos, iv) gimnasio, v) piscina, vi) zonas verdes, entre otros.
- Obras comunales. En las afueras del “Campus Benjamín Núñez” se identificaron las siguientes infraestructuras de uso comunal: i) escuela, ii) templo católico, iii) cementerio, iv) áreas de juegos infantiles en los distintos desarrollos habitacionales existentes en la zona.

Con las siguientes Fotografías se evidencia algunas de las infraestructuras comunales existentes en el sector de análisis:



**Fotografías N° 12 y 13.** Vista general de las infraestructuras deportivas (plaza y pista atlética) y/o recreativas (zona verde) dentro del “Campus Benjamín Núñez”, ambas localizadas en las cercanías del terreno en el cual se construiría el edificio de aulas, laboratorios y oficinas (MAPG-Noviembre, 2013),



**Fotografías N° 14 y 15.** Vista general de las infraestructuras comunales ubicadas en las afueras del “Campus Benjamín Núñez”: a la izquierda la “Escuela Villalobos” en “Lagunilla” y a la derecha área de juegos infantiles en el residencial “Real Santamaría” (MAPG-Noviembre, 2013),

En lo que se refiere a la influencia del Proyecto en el tema de infraestructuras comunales, se debe comentar que la construcción y operación del edificio de aulas, laboratorios y oficinas no afectará las obras comunales en la zona, ya que la infraestructura a desarrollar no implica el cambio de uso de ninguno de esos espacios.

### **9.7. Sitios históricos, culturales**

Según la revisión efectuada en la base de datos del Departamento de Patrimonio del Ministerio de Cultura y Juventud (MCJ), en los sitios aledaños al AP no existen sitios de carácter histórico o cultural que se puedan ver afectados por el Proyecto.

### **9.8. Paisaje**

Considerando que el AP se ubica en un terreno cuyos elementos son visibles desde varios puntos, se prevé que la instalación del Proyecto en la zona será un elemento que generará un impacto visual, particularmente por el cambio de uso de la tierra (de zona verde a obra gris), por lo que se dará una alteración del paisaje al que están acostumbradas las personas que arriban al sector.



**Fotografías N° 16 y 17.** Vista general de las condiciones del AP al momento de realizar la visita de campo. Se observa la presencia de áreas con maleza, vegetación variada y algunos árboles, así como la no existencia de infraestructuras o edificaciones, aspecto que con el Proyecto implicará un cambio en el paisaje del lugar (MAPG-  
Noviembre, 2013).