

UNIVERSIDAD FIDÉLITAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**Para optar por grado de
Licenciatura en Ingeniería Civil**

**ALTERNATIVAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PARA LA CIUDAD DE NICOYA**

MARIANA FERNÁNDEZ SING

San José, Costa Rica

Setiembre del 2009

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Mariana Fernández Sing, soltera, egresada de la carrera de Ingeniería Civil, vecina de Desamparados, con cédula de identidad número uno mil ciento treinta seis cientos nueve.

En este acto, debidamente apercibida y entendida de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjuicio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por título de Licenciatura en Ingeniería Civil, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado : “Alternativas para el Abastecimiento de Agua Potable para la Ciudad de Nicoya”, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derechos Conexos N° 6683 del 14 de octubre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte: Artículo 70º: Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio de autor de la obra original. Asimismo, quedo advertida que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de san José, a los 30 días del mes de Agosto del año dos mil nueve.

Mariana Fernández Sing

1-1130-0609

CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing Rolando Coto Alvarado

Director de la Carrera de Ingeniería Civil

Universidad Fidélitas

He cumplido con las labores de asesoría y dirección de la Tesis “Alternativas para el Abastecimiento de Agua Potable para la Ciudad de Nicoya” de la estudiante Mariana Fernández Sing.

Considero que responde a las exigencias académicas establecidas por la Universidad para esta clase de trabajos escritos y por lo tanto, me permito expresarle que tiene méritos suficientes para ser expuesta ante los Tribunales de Grado que se asigne para el caso.

Muy atentamente:

Ing. Walter Ramírez Mena

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por ser mi guía y por mostrarme el camino por seguir.

A mi madre y padre ya que en ellos encontré en todo momento su amor, cariño, apoyo, consejos y comprensión, lo cual me permitió culminar con éxito esta etapa de mi vida, por lo que he logrado mi superación y formación personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Deseo profundamente agradecer al Ing. Walter Ramírez Mena, quien fungió como Director en esta investigación, por su confianza, aporte dado, su vasto conocimiento en los diferentes campos de la ingeniería.

Al Ing. Jose Luis Arguedas Negrini por su apoyo y cooperación en el trayecto de mi carrera.

A todas aquellas personas que de una u otra forma me brindaron su colaboración, mi gratitud y afecto.

ÍNDICE GENERAL

Portada	I
Declaración Jurada	II
Carta de Aprobación del Tutor	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	V
Índice General	VI
Índice de Figuras	XIII
Índice de Cuadros	XIII
Lista de Anexos	XVII
Lista de Abreviaturas y Símbolos	XVIII
Glosario	XXII
Resumen	XXVII
Introducción	XXIX
Antecedentes	XXXI
Problema de Investigación	XXXII
Objetivo General	XXXII
Objetivos específicos	XXXIII
Alcances	XXXIV
Limitaciones	XXXIV
CAPÍTULO I	1
1. GENERALIDADES	1
1.1. Ubicación Geográfica	1
1.2. Área de estudio	4
1.3. Reseña histórica	4
1.4. Topografía	5
1.5. Geología	7
1.6. Geomorfología	9
1.7. Hidrografía	12
1.8. Condiciones Climáticas	13
1.8.1. Precipitación	13
1.8.2. Temperatura	14
1.8.3. Humedad Relativa	14
1.8.4. Viento	15
1.8.5. Evapotranspiración Potencial	16
1.8.6. Horas de Sol	16
1.8.7. El Niño - Oscilación Sur	17
1.9. Plan Regulador para la Ciudad de Nicoya	18
1.10. Características del área urbana	18

1.10.1. Densidades	18
1.11. Características Económicas	18
1.12. Infraestructura Social	19
1.12.1. Educación	19
1.12.2. Vivienda	19
1.12.3. Alcantarillado Sanitario	21
1.12.4. Acueducto	21
1.12.5. Salud	22
1.12.6. Empleo	23
1.12.7. Infraestructura Económica	23
1.12.8. Vías de Comunicación y Transporte	24
1.12.9. Servicios Municipales	24
1.13. Perspectivas de desarrollo	25
CAPÍTULO II	27
MARCO TEÓRICO	27
2. Aspectos básicos del abastecimiento de agua	27
2.1. Elementos del Sistema de abastecimiento	27
2.2. Almacenamiento	28
2.3. Almacenamiento de agua tratada	28
2.4. Distribución	29
2.5. Volumen de agua	29
2.6. Selección del lugar de captación	30
2.7. Descripción teórica de un acueducto	30
2.8. Principios básicos de la hidráulica de redes de distribución	31
2.9. Sobrepresiones causadas por el fenómeno de golpe de ariete	32
2.10. Cálculo de la sobrepresión	36
2.11. Medidas contra el golpe de ariete	36
2.12. Velocidades en las tuberías principales	37
2.13. Coeficiente de rugosidad	37
2.14. Período de diseño, población y dotaciones	38
2.14.1. Periodo de diseño	38
2.14.2. Población futura	38
2.15. Caudales de diseño	38
2.16. Capacidad de las diferentes partes del sistema	39
2.17. Tuberías a presión	39
2.18. Presiones en la red de distribución	40

2.19. Características de la Tubería _____	40
2.20. Diámetros mínimos _____	41
2.21. Tanques de almacenamiento _____	41
2.21.1. Volumen de regulación del consumo _____	41
2.21.2. Volumen de reserva para incendios _____	41
2.21.3. Volumen de reserva para interrupciones _____	42
2.21.4. Volumen total de almacenamiento _____	42
CAPÍTULO III _____	43
ANÁLISIS DE POBLACIÓN _____	43
3. GENERALIDADES _____	43
3.1. Población presente y pasada _____	45
3.2. Período de diseño _____	49
3.2.1. Factores determinantes _____	49
3.3. Métodos de estimación de la población futura _____	49
3.3.1. Métodos de comparación gráfica _____	51
3.3.2. Método de crecimiento lineal _____	53
3.3.3. Método de crecimiento geométrico _____	54
3.3.4. Método de crecimiento logarítmico _____	54
3.4. Población escogida _____	59
3.5. Población flotante _____	59
3.5. Población abastecida _____	61
CAPÍTULO IV _____	63
CONSUMO Y DEMANDA DE AGUA _____	63
4. GENERALIDADES _____	63
4.1.1. Factores determinantes de consumo _____	63
4.1.2. Distribución de servicios _____	66
4.1.3. Consumo Actual sistema _____	68
4.1.4. Proyección de demanda _____	68
4.1.6. Caudales de diseño _____	73
4.1.7. Caudal promedio diario _____	73
4.1.8. Agua no controlada _____	75
4.1.9. Parámetros de diseño _____	75
4.1.10. Criterio para el cálculo del caudal de incendio _____	81
4.1.11. Cálculo del caudal Coincidente _____	83
4.1.12. Curva de demanda del sistema _____	83
4.1.13. Tanque de almacenamiento _____	84

4.2. Análisis del acuífero de las cuencas altas de los ríos Potreo y Caimital	88
4.2.1. Geomorfología de las cuencas de los ríos Potrero-Caimital	90
4.2.2. Formas de denudación de origen ígneo	91
4.2.3. Formas de sedimentación aluvial	91
4.2.4. Geología de las cuencas altas de los ríos Potrero-Caimital	92
4.2.5. Suelos y Usos de la tierra	93
4.2.6. Inventario de pozos en la CARPoCa	93
4.2.7. Usos	95
4.2.8. Litologías	96
4.2.9. Geometría del acuífero	96
4.2.10. Caracterización del acuífero	97
4.2.11. Recarga del acuífero	98
4.2.12. Descargas del acuífero	99
4.2.13. Extracción por pozos	100
4.2.14. Limitaciones a la extracción	101
 4.3. ANÁLISIS DE RECURSOS SUPERFICIALES	 104
4.3.1. Río Potrero	105
4.3.2. Río Grande o Morote	110
4.3.3. Río Quirimán	114
4.3.4. Cuenca superior del río Nosara	120
 4.4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ACTUAL	 124
4.4.1. Fuentes de abastecimiento	125
4.4.2. Línea de conducción	128
4.4.3. Estación de bombeo de agua cruda	129
4.4.4. Planta de tratamiento	130
4.4.5. Sistema de distribución existente	138
4.4.6. Funcionamiento actual del sistema	141
 CAPÍTULO V	
5.1. ANÁLISIS DE OPCIONES DE ABASTECIMIENTO	143
5.1.1. Abastecimiento desde el río Quirimán y acuífero Potrero-Caimital	143
5.1.2. Posibles sitios de toma	143
5.1.3. Descripción de las alternativas	145

5.1.4. Abastecimiento desde el río Grande _____	147
5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO _____	160
5.2.1. Comparación y recomendación para el periodo de diseño _____	165
5.2.2. Análisis económico _____	168
5.3. Comportamiento hidráulico de la alternativa seleccionada _____	189
5.1.1. Condiciones operativas de las fuentes de abastecimiento _____	191
CAPÍTULO VI _____	194
CONCLUSIONES _____	194
5. Generalidades _____	194
6.1. Conclusión general _____	194
6.2. Estudio de la población _____	195
6.3. Caudal explotable en las diferentes opciones _____	195
6.3.1. Río Nosara: Las Juntas _____	195
6.3.2. Río Quirimán: Virginia _____	196
6.3.3. Río Quirimán: Las Lajas _____	196
6.3.4. Río Quirimán: Las Grande _____	196
6.4. Comportamiento del sistema actual _____	196
6.4.1. Toma en el río Potrero _____	197
6.4.2. Desarenador _____	197
6.4.3. Estación de bombeo _____	197
6.4.4. Planta de tratamiento _____	197
6.4.5. Estación de bombeo de aguas crudas _____	198
6.4.6. Red de distribución _____	198
6.4.7. Tanque de cola _____	198
6.5. Acuífero Potrero-Caimital _____	199
6.6. Aspectos ambientales _____	199
RECOMENDACIONES _____	201
BIBLIOGRAFÍA _____	202
ANEXOS _____	204

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura N° 1 Ubicación de la Ciudad de Nicoya	3
Figura N° 2 Ciudad de Nicoya	6
Figura N° 3 Promedio diario de horas sol	17
Figura N° 4 Número de centros educativos en el cantón de Nicoya	21

CAPÍTULO II

Figura N° 5 Mecanismo de Golpe de ariete	33
--	----

CAPÍTULO III

Figura N° 6 Curva S de crecimiento	45
Figura N° 7 Población en la provincia de Guanacaste	47
Figura N° 8 Población en los distritos de Guanacaste	48
Figura N° 9 Curva de crecimiento y población censal de algunas ciudades de Guanacaste	50
Figura N° 10 Población pasada y presente	50
Figura N° 11 Método gráfico	53
Figura N° 12 Método lineal	57
Figura N° 13 Método geométrico	57
Figura N° 14 Método logarítmico	57
Figura N° 15 Proyecciones de población por los diferentes métodos	59

CAPÍTULO IV

Figura N° 16 Variación de consumo mensual en Nicoya	71
Figura N° 17 Fuentes de producción del acueducto de Nicoya	73
Figura N° 18 Producciones y demandas proyectadas para cada mes	78
Figura N° 19 Producciones y demandas proyectadas por mes para cada año	78
Figura N° 20 Curva oferta y demanda	81
Figura N° 21 Curva Variación del consumo	83
Figura N° 22 Curva masa para la demanda de abastecimiento	87
Figura N° 23 Acuífero Potrero - Caimital	89
Figura N° 24 Geomorfología de Ríos Potrero y Caimital	90
Figura N° 25 Geología de ríos Potrero y Caimital	92
Figura N° 26 Inventario de pozos acuífero Potrer- Caimital	94
Figura N° 27 Perfil esquemático del modelo de la CARPoCa	97

Figura N° 28 Recursos superficiales	104
Figura N° 29 Cuenca del río Potrero	107
Figura N° 30 Curvas de máximo y mínimo caudal elevación 115 m.s.n.m, río Potrero	109
Figura N° 31 Cuenca del río Grande	111
Figura N° 32 Curvas de máximo y mínimo caudal elevación 115 m.s.n.m	113
Figura N° 33 Cuenca del río Quirimán	115
Figura N° 34 Curvas de máximo y mínimo caudal elevación 105 m.s.n.m	117
Figura N° 35 Curvas de máximo y mínimo caudal elevación 150 m.s.n.m	118
Figura N° 36 Curvas de máximo y mínimo caudal elevación 70 m.s.n.m	123
Figura N° 37 Ubicación de las principales obras del acueducto de Nicoya	129
Figura N° 38 Distribución porcentual de tuberías según diámetro	140
Figura N° 39 Distribución actual de caudales en acueducto de Nicoya	142

CAPÍTULO V

Figura N° 42 Opción # 1- Las Juntas	148
Figura N° 41 Opción # 1- abastecimiento desde río Nosara	149
Figura N° 42 Opción # 2- Virginia	150
Figura N° 43 Opción # 2- abastecimiento desde río Quirimán, Virginia	151
Figura N° 44 Opción # 3- Las Lajas	152
Figura N° 45 Opción # 3- abastecimiento desde río Quirimán, Las Lajas	153
Figura N° 46 Perfil de conducción opción # 1	154
Figura N° 47 Perfil de conducción opción # 2	155
Figura N° 48 Perfil de conducción opción # 3	156
Figura N° 49 Esquema de la alternativa seleccionada	193

Índice de Cuadros

Capítulo I

Cuadro N° 1	División territorial _____	2
Cuadro N° 2	Información climatológica de Nicoya _____	13
Cuadro N° 3	Descripción del clima en Nicoya _____	15
Cuadro N° 4	Promedio diario de horas sol _____	16
Cuadro N° 5	Cantidad y estado de las viviendas _____	19
Cuadro N° 6	Población de 5 años y más por nivel de instrucción _____	20
Cuadro N° 7	Datos generales sobre la red de establecimientos de salud en el cantón de Nicoya _____	22
Cuadro N° 8	Población económica _____	23
Cuadro N° 9	Datos generales sobre el estado de la red vial nacional y cantonal _____	24
Cuadro N° 10	Servicios municipales _____	25

Capítulo II

Cuadro N° 11	Relación de módulos de elasticidad del agua y del material de la tubería _____	35
Cuadro N° 12	Coefficiente de rugosidad _____	37
Cuadro N° 13	Caudal de incendio _____	39
Cuadro N° 14	Volumen de almacenamiento _____	42

Capítulo III

Cuadro N° 15	División territorial y números de habitantes _____	46
Cuadro N° 16	Crecimiento de la población en los distritos de Nicoya _____	48
Cuadro N° 17	Resultados de los diferentes métodos _____	57
Cuadro N° 18	Resultados de las proyecciones de población por los diferentes métodos _____	58
Cuadro N° 19	Población abastecida _____	61
Cuadro N° 20	Servicios de agua potable _____	62

Capítulo IV

Cuadro N° 21	Distribución de servicios y consumo por tarifa en el área de estudio _____	67
Cuadro N° 22	Variación de consumo mensual, Acueducto de Nicoya _____	70
Cuadro N° 23	Consumo mensual promedio _____	72
Cuadro N° 24	Volumen promedio producido _____	72
Cuadro N° 25	Proyección de demandas promedio _____	74
Cuadro N° 26	Determinación de dotación, demanda promedio y caudales _____	76
Cuadro N° 27	Determinación de la dotación por mes para el año 2008 _____	77
Cuadro N° 28	Cálculo de dotación, caudal promedio, máximo diario y horario _____	80
Cuadro N° 29	Caudales de incendio _____	82
Cuadro N° 30	Valores de los caudales de consumo coincidente y máximo horario _____	83
Cuadro N° 31	Variación horario del consumo , Acueducto de Nicoya _____	85
Cuadro N° 32	Volumen de almacenamiento para incendios _____	86
Cuadro N° 33	Volumen de almacenamiento _____	86
Cuadro N° 34	Registro de pozos en CARPoCa _____	93
Cuadro N° 35	Usos del agua en la CARPoCa _____ XIV	95
Cuadro N° 36	Longitud de los principales ríos y quebradas de la cuenca del río Potrero _____	108
Cuadro N° 37	Caudales mínimos en el río Quirimán _____	119
Cuadro N° 38	Caudales máximos en el río Quirimán _____	119

Lista de Anexos

Anexo 1: Resultados de la Modelación del sistema, programa AutoCad

Anexo 2: Toma en el río Potrero

Anexo 3: Planta de tratamiento de Nicoya

Anexo 4: Pozo en Curime existente por conectar

Anexo 5: Pozo en el Estadio de Nicoya

Anexo 6: Pozo en Curime

Anexo 7: Pozo en la Oficina del AyA

Anexo 8: Tanque de Cola

Anexo 9: Sitio para la nueva Toma en Las Lajas, Río Quirimán

Anexo 10: Río Nosara, Las Juntas

Anexo 11: Río Quirimán, Virginia

Anexo 12: Reporte de pozos de SENARA

Anexo 13: Aforos río Nosara, elevación 70 m.s.n.m.

Anexo 14: Aforos río Quirimán, elevación 105 m.s.n.m.

Anexo 15: Aforos río Quirimán, elevación 150 m.s.n.m.

Anexo 16: Aforos río Quirimán, elevación 115 m.s.n.m.

Anexo 17: Aforos río Grande, elevación 10 m.s.n.m.

Anexo 18: Aforos río Río Potrero elevación 105 m.s.n.m.

Anexo 19: foros río Potrero elevación 70 m.s.n.m

Anexo 20: Costos según AyA:

Anexo 21: Diseño de conducciones

Anexo 22: Informe calidad de agua. Acueducto de Nicoya

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

A	Área
AC	Asbesto Cemento
AyA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
ANC	Agua no controlada
Amp	Amperios
°C	Grados centígrados
CARPoCa	Cuenca alta de los río Potrero y Caimital
CARCa	Cuenca alta río Caimital
CARPo	Cuenca alta río Potrero
CH	Coefficiente de rugosidad
Φ	Diámetro
D	Dotación
ENOS	El niño oscilación sur
e	Espesor de pared del tubo
EF	Exceso de servicios
ETo	Evapotranspiración de referencia
Evp	Evapotranspiración potencial
FMD	Factor máximo diario
FMH	Factor máximo horario

f	Coeficiente de fricción
g	aceleración de la gravedad
h	Hora
Ha	Hectárea
ha	sobrepresión
hab	habitante
hab/Ha	habitante por área
hab/ser	habitante por servicio
HD	Hierro dúctil
HF	Hierro fundido
Hp	Caballos de fuerza
Hf	Pérdidas
HG	Hierro galvanizado
INEC	Instituto nacional de Estadística y Censo
IFAM	Instituto de Fomento y Asesoría Municipal
IMN	Instituto Metereológico Nacional
INVU	Instituto nacional de Vivienda y Urbanismo
K	Relación entre el módulo de elasticidad del agua y del material de la tubería
Ka	Pendiente de la recta
Km	Kilómetro
Km ²	Kilómetro cuadrado
Km/h	Kilómetro por hora
Kw	Kilovatio

lpd	Litros por persona por día
l/hab/d	Litro habitante por día
l/s	Litros por segundo
l	Longitud
m	Metro
m ³	Metro cúbico
m ³ /m	Metro cúbico por mes
m ³ /d	Metro cúbico por día
mca	Metros columna de agua
mg/l	miligramo por litro
mm/día	milímetro por día
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
mg/l	Miligramo por litro
min	Minutos
mm	Milímetro
m/s	Metro por segundo
m/seg ²	Metro por segundo al cuadrado
MINAET	Ministerio del ambiente, energía y telecomunicaciones
N°	Número
ND	Dotación no domiciliar
%	Porcentaje
PUC	Población del último censo
PF	Población futura

PCI	Población del censo inicial
PVC	Cloruro de Polivinilo
Q	Caudal
QMD	Caudal máximo diario
QMH	Caudal máximo horario
r	Tasa de crecimiento anual
RD	Infiltración directa
rpm	Revoluciones por minuto
RL	Recarga lateral
SENARA	Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento
Σ	Sumatoria
T	Tiempo
TUC	Año del último censo
TCI	Año del censo inicial
Tm	Tiempo medio diario
V	Velocidad
Vol	Volumen
Vrs	Versus
Vs	Volumen de almacenamiento

GLOSARIO

- **Agua subterránea:** representa una fracción importante de la masa de agua presente en cada momento en los continentes, con un volumen mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, y aunque menor al de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar millones de km.
- **Agua Superficial:** agua proveniente de las precipitaciones que no se infiltra ni ingresa a la atmósfera por evaporación que se encuentra discurriendo o en reposo.
- **Acuífero:** en hidrología, capa permeable de roca capaz de almacenar, filtrar y liberar agua. La capa de roca (o estrato) contiene muchos poros que, cuando se conectan, forman una red que permite el movimiento del agua a través de la roca. Si el acuífero se dispone sobre un nivel de roca impermeable, el agua no pasará a niveles inferiores desplazándose lateralmente.
- **Aluvial:** sedimento arrastrado por las lluvias o las corrientes.
- **Afanítico:** se aplica, sobre todo, a las rocas magmáticas que no presentan cristales reconocibles a simple vista, considerando aparte algunos individuos aislados; se habla así de masa o matriz afanítica de las rocas eruptivas vítreas y, a veces, incluso microgranulares.
- **Balance de agua subterránea:** permite identificar el estado actual del cuerpo acuífero, determinar su rendimiento seguro y considerar limitaciones a la extracción.
- **Basalto:** roca magmática efusiva de grano grueso, junto con las andesitas con piroxeno constituyen el 95% de las lavas continentales y oceánicas. Es una roca de color

negro (mesocrata a melanocrata), microlítica, con vidrio poco abundante y en general no vesicular, compuesta de plagioclasas ($An > 50$, generalmente labradorita) y de clinopiroxenos (augita dominante, frecuentemente maclada y zonada), acompañada según los casos de olivino, hiperstena, magnetita y de ilmenita, a los que se puede añadir, en reducido porcentaje, cuarzo o feldespatoides (nefelina, analcima).

- **Bioclima:** cada uno de los tipos de clima que se diferencian de acuerdo a los factores que afectan a los seres vivos
- **Canaleta Parshall:** utiliza el principio de Venturi, adaptado para medir con exactitud los caudales que fluyen en canales abiertos. Una sección del canal se construye de igual forma que el tubo de Venturi; es decir, con una reducción gradual de la sección del canal; a continuación de la garganta, hay un ensanchamiento. Para la indicación y registro de datos de caudal, se emplean instrumentos conectados mecánicamente con un flotador a través de un cable o cinta flexible de acero inoxidable.
- **Capacidad de infiltración:** es la velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo. La capacidad de infiltración depende de muchos factores; un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor que un suelo arcilloso y compacto.
- **Coefficiente de almacenamiento (S):** se refiere al volumen que es capaz de liberar el acuífero al descender en una unidad el nivel piezométrico.
- **Coloides:** partículas muy pequeñas de 10 a 1000 Angstrom, que no se sedimentan si no son coaguladas previamente.

- Coluvial:** se refiere a acumulaciones laterales de sedimentos en un valle cuyo recorrido y transporte es reducido.
- Consumo medido:** volumen de agua tomada por los abonados del sistema de distribución a través de las conexiones con medidor. Se expresa en m³/mes.
- Consumo no medido:** volumen de agua tomada por los abonados del sistema de distribución a través de las conexiones sin medidor. Se expresa en m³/mes.
- Demanda:** volumen total de agua que debe ingresar al sistema de distribución para satisfacer los requerimientos de los consumidores.
- Desarenador:** componente destinado a la remoción de las arenas y sólidos que están en suspensión en el agua, mediante un proceso de sedimentación.
- Depósitos aluviales:** presencia de capas de diferente granulometría, intercolados e interdigitados entre sí.
- Dotación:** volumen de agua asignado por persona para ser consumido a través de las conexiones, se expresa en lpd.
- Floculación:** la aglomeración (aglutinación) de partículas suspendidas en agua para formar partículas de mayor tamaño (“flóculos”) que se pueden eliminar por medio de sedimentación o flotación.

Flujo de base: es el caudal que se observa en un curso de agua al final de un período de estiaje. Está constituido por el aporte de las **aguas subterráneas** a la red de drenaje natural.

- Infiltración Directa:** es aquella que ocurre por la infiltración de la lluvia directamente sobre los suelos que cubren el acuífero.
- Lisímetro:** instrumento que se utiliza para medir el contenido en agua de los suelos.

- **Lutita:** es una roca detrítica, es decir, formada por detritos, y está integrada por partículas del tamaño de la arcilla y del limo.
- **Ofiolítico:** el manto ofiolítico está compuesto por rocas básicas, ultramáficas y sedimentarias, afectadas por metamorfismo de fondo oceánico y por metamorfismo orogénico.
- **Partículas:** sólidos de tamaño lo suficientemente grande para poder ser eliminados por una filtración.
- **Percolación:** movimiento y filtración de fluidos a través de materiales porosos no saturados.
- **Premontano:** piso altitudinal entre 500 y 1 200 metros sobre el nivel del mar que corresponde a la provincia térmica subtropical
- **Recarga Lateral:** es aquella que ocurre por flujo subsuperficial de la lluvia que infiltra en los suelos de las laderas de los cerros (33.5 Km²) y parcialmente en los coluvios de pie de monte, hasta llegar a las rocas impermeables del Complejo de Nicoya, donde fluyen subsuperfialmente ladera abajo hasta alcanzar los coluvios y recargar el acuífero lateralmente por sus orillas.
- **Régimen fluvial:** es el comportamiento del caudal de agua en promedio que lleva un río en cada mes a lo largo del año. Depende, pues, del régimen de precipitaciones, pero también de la temperatura de la cuenca (que determina la mayor o menor evaporación), del relieve, la geología, la vegetación y la acción humana. Hay que estudiar la frecuencia de crecidas y estiaje, y el módulo.
- **Rendimiento Seguro:** es la cantidad de agua que puede ser extraída anualmente sin producir un resultado indeseable.

- **Sedimentador o Decantador:** dispositivo usado para separar, por gravedad, las partículas en suspensión en una masa de agua.
- **Sedimentación:** proceso de depósito y asentamiento por gravedad de la materia en suspensión en el agua.
- **Sedimentos:** materiales procedentes de la sedimentación.
- **Sólidos decantables o sedimentables:** fracción del total de sólidos en el agua que se separan de la misma por acción de la gravedad, durante un periodo determinado.
- **Sobreexplotación:** cualquier extracción en exceso del rendimiento seguro es sobreexplotación
- **Turbiedad:** claridad relativa del agua que depende, en parte, de los materiales en suspensión en el agua.

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación es suministrar la mejor alternativa para abastecer de agua potable a la Ciudad de Nicoya, con el propósito de solventar los problemas actuales y futuros de dicha región.

Este proyecto presenta un análisis, propuestas y estudios con el fin de optar con una solución a dicho conflicto.

Las alternativas propuestas, son las siguientes: Opción 1: toma en la confluencia del río Quirimán con el río Nosara, en la elevación 70 m.s.n.m y habilitación de un pozo ya perforado en el sector de Caimital; opción 2: toma en el río Quirimán en la elevación 105 m.s.n.m y perforación de pozos en el Acuífero Potrero-Caimital, opción 3: toma en el río Quirimán en la elevación 150 m.s.n.m y perforación de pozos en el Acuífero Potrero-Caimital. Con base en los estudios realizados en cada uno de los sitios, se determinó que: se tomó en cuenta el río Grande, pero los caudales mínimos no son los requeridos para el sistema, aparte de que atraviesa la Ciudad y de que recibe la descarga de sus aguas negras con la consiguiente contaminación. Por estas razones el río Grande o Morote no se considera adecuado como posibilidad para abastecer de agua potable a la Ciudad de Nicoya.

Como resultado del análisis realizado en cada sitio, se llegó a la conclusión que la opción N°3, en la elevación 150 m.s.n.m, en Las Lajas es la alternativa más económica y cumple con la demanda presente y futura.

En la alternativa escogida se diseñó la toma y la tubería de conducción hasta la planta de tratamiento existente en Nicoya, también se pretende conectar un pozo ya perforado en Curime.

Para abastecer la demanda futura de 133.13 l/s, se propone la construcción de una toma tipo presa de gravedad con canal de fondo para captar 90 l/s en el río Quirimán, a la altura del poblado de las Lajas, en la elevación 150 m.s.n.m. (opción # 3), será conducida por el margen derecho del río a un desarenador y será conducida hasta la elevación 300 m.s.n.m en el Cerro Brujo y de ahí irá por gravedad a la planta de tratamiento actual.

Adicionalmente, se equipará el Pozo de Curime (ya perforado), con un caudal de 12 l/s, y se perforarán dos pozos más con un caudal de 14 l/s cada uno en el sector de Caimital. Se incrementará el volumen de almacenamiento mediante la construcción de un nuevo tanque, con una elevación de 210 m.s.n.m, propiedad del colegio agropecuario de Nicoya, con una capacidad de 4 000 m³.

Para las tres alternativas propuestas se realizó un presupuesto para el costo actual.

Aunque la opción N° 2 es la más económica, se desecha, pues el caudal que presenta es insuficiente para satisfacer la demanda.

Por su parte, la alternativa N° 1, es la más costosa, sin embargo, presenta el beneficio de que no habría que explotar el acuífero Potrero- Caimital.

La propuesta N° 3 puede satisfacer la demanda actual y futura, se captará agua del acuífero Potrero –Caimital, y su costo no es tan elevado como el de la opción N°1.

INTRODUCCIÓN

El sistema de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de Nicoya muestra severas deficiencias desde hace unos 25 años, actualmente esta zona es provista de agua por medio de una toma ubicada en el río Potrero y tres pozos; estas fuentes ya no son capaces de cubrir la demanda actual de 88.87 l/s y futura de 133.13 l/s. Por esta razón es necesario analizar diferentes alternativas de producción.

Las posibles opciones desde las que se puede abastecer el sistema son: el río Grande, el río Quirimán, el río Nosara y la perforación de pozos en el Acuífero Potrero-Caimital.

Descripción del sistema actual de abastecimiento de agua potable en la Ciudad de Nicoya.

La producción del acueducto de Nicoya proviene tanto de agua subterránea como superficial. En la primera clasificación existen tres pozos en operación: el pozo 6 Curime, el pozo 2 Estadio y el pozo 3 Plantel AyA en Nicoya. En cuanto a la fuente superficial se cuenta con la toma del río Potrero.

La captación consiste en una presa de gravedad sobre el río Potrero con una elevación sobre la cresta de 92.10 m.s.n.m, y de un desarenador que consiste en un canal de 50 metros de longitud con un metro de ancho y profundidad variable. Desde el sitio de toma, el agua es conducida por un pequeño tramo hacia la estación de bombeo de aguas crudas.

La toma se ubica en el río Potrero, 100 m aguas arriba de la confluencia del río Grande con el Potrero.

La planta de tratamiento que abastece la ciudad es manejada por Acueductos y Alcantarillados (AyA) y se encuentra ubicada en el río Potrero, al sur del casco urbano. El caudal periódico que sale de la planta y que llega a la ciudad es de 27.89 l/s, con una capacidad máxima de 60 l/s.

En condiciones normales el agua llega a la ciudad por bombeo y el sobrante se almacena en un tanque con una capacidad de 1000 m³, ubicado en el cerro la Calera al noreste de la ciudad. Este almacenamiento se utiliza cuando la planta se encuentra fuera de servicio, ya sea por mantenimiento o causa ajenas a su control.. También se cuenta con tres pozos: pozo 6 Curime produce 18.15 l/s, pozo 3 plantel del AyA produce 4.88 l/s y pozo 2 estadio Nicoya produce 1.39 l/s.

El total de producción mensual es de 52.22 l/s, en la actualidad la demanda es de 88.87 l/s (Capítulo IV Consumo y demanda de agua) y para el periodo de diseño, en el 2033, será de 133.13 l/s, por esta razón se decidió analizar otras fuentes de abastecimiento que suplan las necesidades de agua potable para la zona en estudio.

Antecedentes

Actualmente la ciudad de Nicoya se abastece mediante dos sistemas, a saber:

1. Pozos profundos: estos son utilizados generalmente en las horas pico, para satisfacer la demanda máxima horaria.

2. Agua cruda, tomada del río Potrero; esta se bombea a una planta de tratamiento y luego se bombea hacia la red.

El río Potrero, sin embargo, en la época seca, bajan los caudales considerablemente, presentando un déficit, con relación a la demanda de agua en Nicoya.

El sistema actual del abastecimiento de agua potable en la ciudad de Nicoya es capaz de suministrar a la población un promedio de 52,32 l/s. Sin embargo se está demandando, dada la población existente (24 765 habitantes en el año 2008), un caudal de 88.87 l/s (caudal máximo diario), estimándose que para el año 2033, esta demanda alcanzará los 133.13 l/s.

Actualmente el río Potrero tiene un caudal mínimo de 49 l/s, lo que hace necesario la búsqueda de otras fuentes alternativas.

Entre las soluciones propuestas se encuentran:

- Aguas Superficiales:

Construir una toma de agua en el río Quirimán en la elevación 150 m.s.n.m, cerca del poblado de las Lajas.

Construir una toma de agua en el río Nosara en la elevación 170 m.s.n.m, cerca del poblado de las Juntas.

Construir una toma de agua en el río Quirimán en la elevación 105 m.s.n.m, cerca del poblado de Virginia.

Con estas alternativas se pretende cubrir la demanda de la Población de Nicoya.

- Aguas Subterráneas

Estudio y perforación de nuevos pozos en el acuífero Potrero-Caimital, en el sector de Curime y Caimital.

Problema de investigación

La ciudad de Nicoya tiene en la actualidad 24 765 abastecidos por el acueducto de esta región, con una demanda de agua potable de 86.87 l/s. En el año 2033, la población servida será de 37 098 habitantes con una demanda de 133.13 l/s. Se establece una toma de 60 l/s, pero de la planta de tratamiento salen 27,89 l/s. El caudal de los tres pozos es de 24,42 l/s. Por lo tanto, el total de producción es de 52,32 l/s. esta oferta insuficiente para la demanda actual de 86.87 l/s, o la demanda en el 2033, de 133.37 l/s.

Con estos datos se observa que hay déficit a la fecha de 36.55 l/s y en el año 2033 de 80.81 l/s. Se debe diseñar un acueducto para la demanda del 2033, por lo que es necesario encontrar otras fuentes de agua con una mínima de 65,12 l/s.

El acueducto de Nicoya presenta problemas en sus diversos componentes, tales como las fuentes de producción, el almacenamiento y su distribución en general.

Objetivo general

El presente trabajo es un estudio de la solución para el problema en las fuentes de producción y el almacenamiento de agua potable en la ciudad de Nicoya, ante el constante aumento de la demanda de agua potable, en la provincia de Guanacaste.

Se pretende desarrollar una metodología para evaluar y solventar este tipo de problemas incorporando consideraciones de regionalidad e impacto ecológico. Se toman en cuenta sus recursos, crecimiento poblacional, turismo comportamiento del consumo, etc.

Se estudiará la descripción de la región, aspectos naturales y fuentes de producción y almacenamiento para abastecer de agua potable a la ciudad.

Se hace un estudio de la oferta y la demanda del recurso hidráulico, por ser el balance entre necesidades futuras y el potencial disponible, se determina la magnitud y distribución temporal del faltante por cubrir, y por ende, genera las soluciones.

Se dará un análisis del crecimiento de la Provincia de Guanacaste, y de la zona de Nicoya, y se estiman las tendencias de crecimiento de la Ciudad de Nicoya.

Se establecerá la demanda de agua potable, factores de consumo, factor máximo horario, factor mínimo nocturno, y se establecerá la necesidad de regular el consumo con medición total.

Objetivos específicos

- Satisfacer las necesidades de producción y almacenamiento de agua potable, presentes y futuras.
- Elaborar un diagnóstico de las cuencas de los ríos Quirimán y Grande como fuentes de abastecimiento del acueducto de la Ciudad de Nicoya.
- Realizar una proyección del acueducto desde la toma hasta la planta de tratamiento actual.

Alcances

Con el resultado de esta investigación, se podrán tomar acciones concretas que ayuden a resolver el problema en las fuentes de producción y el almacenamiento para el abastecimiento de agua potable en la ciudad de Nicoya, ante el constante aumento de la demanda de agua potable, en la provincia de Guanacaste.

Este proyecto ofrecerá una propuesta de la mejor alternativa.

Con la información recopilada se pretende dar un análisis del crecimiento de la Provincia de Guanacaste, y la zona de Nicoya.

Se realizará un análisis de la población, estudio de demanda, análisis de los recursos hidráulicos, descripción de soluciones de disponibilidad del recurso hidráulico, análisis económico de las soluciones de abastecimiento.

Limitaciones

- Este proyecto analizará, en forma preliminar, las características de aguas superficiales o subterráneas de la zona para determinar la ubicación de la captación.
- Se plantea un sitio de toma y la conducción hasta la planta de tratamiento actual.
- Distancia entre los ríos y la ciudad.
- Crecimiento excesivo de la Ciudad de Nicoya.
- Al no contar con datos de medición de presión y caudal, el análisis hidráulico del sistema se limitará a hacer llegar el agua necesaria al tanque de almacenamiento Propuesto, dejando de lado la red de distribución principal y secundaria del acueducto de Nicoya.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA

1. Generalidades

1.1. Ubicación Geográfica

Nicoya es el cantón II de la Provincia de Guanacaste, en la Península de Nicoya, creado por el decreto N° 167 del 7 de diciembre de 1848; y por Decreto N° 28 del 24 de julio de 1918, es constituida ciudad.

Limita al norte y oeste con el cantón de Santa Cruz, al suroeste con el Océano Pacífico, al sur con Nandayure y al este con el Golfo de Nicoya. Su centro urbano más importante es la ciudad del mismo nombre, localizada a 290 Km de San José.

El área total del Cantón de Nicoya es de aproximadamente 1333.68 Km², distribuidos en siete distritos de la siguiente forma: Nicoya, La Mansión, San Antonio, Quebrada Honda, Sámara, Nosara y Belén de Nosarita.

La Ciudad de Nicoya, localizada en el distrito primero, es el centro de atracción de varias poblaciones y de actividades de los sectores de producción, tanto en industria como en comercio.

Actualmente, el 50% de la población del cantón se localiza en el distrito primero, y el 50% restante, distribuido en los demás distritos.

Cuadro N° 1

División Territorial

Número	Distrito	Área (Km²)	%
1	Nicoya	311.08	23.3
2	Mansión	211.67	15.9
3	San Antonio	338.17	25.4
4	Quebrada Honda	106.93	8.0
5	Sámara	109.59	8.2
6	Nosara	134.92	10.1
7	Belén de Nosarita	121.4	9.1
	TOTAL	1333.68	100

Fuent: Instituto de Fomento y Asesoría Municipal

Las coordenadas geográficas medias del Cantón de Nicoya están dadas por 10° 06' 14" latitud norte y 85°26'13" longitud oeste.

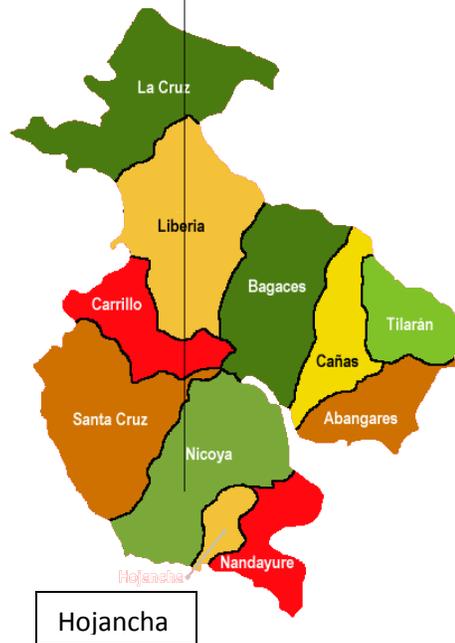
La anchura máxima es de sesenta kilómetros, en dirección noreste a suroeste, desde unos cuatro kilómetros al este del poblado Puerto Humo, en la margen sur del Río Tempisque hasta Punta Guiones, en el Océano Pacífico.

Según su ubicación geográfica sus límites son los siguientes:

- Al norte con la Quebrada Barro Negro.
- Al sur con el Cerro La Cruz.
- Al este con la Carretera Nacional N° 21 Liberia-Nandayure.
- Al oeste con las estribaciones montañosas del Cerro La Palma.

Figura N° 1

Ubicación de la Ciudad de Nicoya



1.2. Área de estudio

El área de estudio está constituida por el área urbana del cantón de Nicoya, que fue definida por el Plan de Ordenamiento de Nicoya del Departamento de Urbanismo del INVU.

El área se encuentra entre las coordenadas 376–378 este y 235-239 norte de proyección Lambert (Hoja topográfica Matambú).

1.3. Reseña histórica

En la época precolombina, el territorio que actualmente corresponde al Cantón de Nicoya, fue parte de una provincia indígena llamada Chorotega, la cual estaba en la Península de Nicoya, cuyos dominios llegaban hasta el Lago de Nicaragua. Esta provincia estaba constituida por varios pueblos, y al inicio de la conquista uno de ellos fue del Cacique Nicoya.

Es la población más antigua de Costa Rica, pues antes de la conquista existió un importante núcleo indígena: Los Chorotegas, verdaderos artífices de la cerámica y la alfarería. Además era muy codiciada por conquistadores y exploradores, dada su posición geográfica.

El 25 de julio de 1824, la Municipalidad de Nicoya, pueblo del Partido del mismo nombre, en cabildo abierto decidió anexarse al Estado de Costa Rica; ayuntamiento que estuvo integrado por el Jefe Político don Manuel Briceño, quien lo presidió y por los regidores señores Toribio Viales, Ubaldo Martínez y Manuel García.

Nicoya, en el transcurso de su historia como asentamiento humano, ha tenido dos ubicaciones. La primera en el lugar que en el presente se conoce como Pueblo Viejo, en el

distrito Mansión, que se denominó Nicoya Vieja, el cual constituyó el mayor poblado indígena de la región antes de la llegada de los españoles. La otra, donde se localiza la actual ciudad cabecera del cantón, que se llamó Nicoya Nueva.

En ley N° 105 de 27 de marzo de 1835, Nicoya constituyó un pueblo del Departamento de Guanacaste, uno de los tres en que se dividió, en esa oportunidad, el territorio del Estado. En la administración de don Manuel Aguilar Chacón, el 11 de diciembre de 1837, en ley N° 38, se le otorgó el título de Villa al pueblo de Nicoya. En 1848, mediante ley N° 36 de 7 de diciembre, se constituyó como cantón segundo de la Provincia Guanacaste, lo que lo convierte en uno de los trece primeros cantones que tuvo el país.

El alumbrado público eléctrico se inauguró en 1952, en la administración de don Otilio Ulate Blanco.

Tiene una extensión de 567,40 Km¹. Tiene grandes haciendas dedicadas al ganado de doble propósito, carne y leche; también se cultiva maíz, arroz y frijoles; las frutas como mangos, marañones, naranjas, zapotes y nances son de especial calidad.

1.4. Topografía

La topografía que presenta la Ciudad de Nicoya es plana, con pendientes menores al 5% y bien ordenada por ríos y quebradas, entre ellos: el Río Grande, Río Chipanzo, Río Mambo y las quebradas Mata Buey Y Chío.

Se encuentra rodeada de gran cantidad de montañas, las cuales presentan restricciones físicas que limitan la zona de crecimiento.

Se distinguen dos tipos de relieve:

¹ IFAM, Instituto de Fomento y Asesoría Municipal.

- Áreas planas o suavemente onduladas, caracterizadas por pendientes menores al 5%, con cortes producidos por la erosión.
- Áreas quebradas, con pendientes de 30% a 60% o más, donde se encuentran cerros, valles, escarpas y filas. El origen de este relieve se debe a la combinación de varios elementos: levantamientos o hundimientos, fallas y erosión.

La elevación media del distrito de Nicoya es de 123 m.s.n.m.²

Figura N° 2

Ciudad de Nicoya



Fuente: [www.Google Earth.com](http://www.GoogleEarth.com)

² IFAM, Instituto de Fomento y Asesoría Municipal.

1.5. Geología

El cantón de Nicoya está constituido geológicamente por materiales de los períodos Cretácico, Terciario y Cuaternario; son las rocas volcánicas del Cretácico las que predominan en la región.

Del período Cretácico se encuentran rocas de origen volcánico, sedimentario e intrusivo. Las volcánicas están agrupadas bajo el nombre del Complejo de Nicoya, el cual está compuesto por rocas macizas, compactas, de color gris oscuro, afaníticas, lutitas, calizas silíceas afaníticas, lavas con almohadillas y aglomerados de basalto e intrusiones de gabros, diabasas y dioritas que cubren la mayor superficie del cantón, y está comprendida por los poblados Buenos Aires, al oeste de Matambuguito, Finca Las Palmas, las Filas Santa Teresa, Hormigosa y el Cerro Nancital; lo mismo que los Cerros Jesús, Carbones, Matagalpa, San Vicente y lomas Palos Negros; así como los cerros que se encuentran entre el poblado Pozo de Agua y finca Las Brisas.

Las rocas sedimentarias están representadas por materiales indiferenciados y por la formación Sabana Grande; las primeras se ubican en el sector aledaño a la carretera Nacional N° 21, entre el barrio Casitas y el poblado Nambí, lo mismo que en el sector aledaño a las villas Mansión, Quebrada Honda, el barrio Matina, los poblados Guastomatal, Moracia, Pozos, Flor, Tres Esquinas, Loma Bonita, San Lázaro, al sur de Talolinga, la finca Florida, los cerros Guacamayo, y ladera sur y oeste del de Rosario, así como entre los poblados Piaves y Vigía, desde los sitios Llorona y Bijagual, también en los cerros al sur del cantón, en una franja de aproximadamente cinco kilómetros próximo al litoral. La formación Sabana Grande está compuesta por calizas silíceas, fanitas con radiolaritas, también lutitas silíceas, se ubica al sureste del poblado del mismo nombre. Las rocas

intrusivas están representadas por el Intrusivo en el Complejo de Nicoya, constituido por gabros, diabasas y dioritas, el cual se localiza en los cerros La Cruz y La Palma; así como pequeños sectores al sur del Cerro Jesús.

De los materiales del período Terciario, se localizan rocas de origen sedimentario, las cuales son de las épocas Eoceno Paleoceno y Oligoceno; a la primera pertenecen las formaciones Barra Honda, Brito y Las Palmas; la Formación Barra Honda, está compuesta por calizas pobremente estratificada, arrecifales de textura homogénea color blanco, la cual se localiza en los cerros de igual nombre; así como en los de Quebrada Honda, Copal, Caballito, Corralillos, Corral de Piedra, Sonzapote, La Cueva, Rosario, Alto, Arena, Panamá, Carazo y las lomas Las Pozas; asimismo, en una franja entre finca Las Mercedes y el cerro Piedra Amarilla; la Formación Brito está constituida por areniscas calcáreas, margas, areniscas con intercalaciones tobáceas y arcillosas, lutitas, tobas y brechas de material volcánico, intercaladas con estratos lutáceos, lutitas pardas con restos de plantas, tobas y brechas fosilíferas, calizas con orbitoides, situada en los cerros Coyolar. La Formación Las Palmas, está compuesta por capas delgadas de limotita, lutitas, color gris oscuro y pardo, duras, bien estratificadas y masas lenticulares de caliza arrecifal con capas intercaladas areniscas y calcarenitas, la cual se sitúa en las cercanías del poblado San Juan. Las rocas de la época Oligoceno corresponden a la Formación Masachapa, que está constituida por areniscas de grano medio y fino, algunas calcáreas, limotitas grises, lutitas calcáreas, calizas lutíticas, y areniscas, algunas fosilíferas, se halla en las márgenes del curso inferior del Río Nosara.

De los materiales del período Cuaternario, se localizan rocas de origen sedimentario de la Época Holoceno, tales como Pantanos situados en las cercanías de las Lagunas Mata

Redonda y Corral de Piedra; y Depósitos Fluviales, Coluviales y Costeros Recientes, localizados en los márgenes de los ríos Viejo y San Lázaro; lo mismo que entre el sector al este del poblado San Lázaro y las márgenes del curso inferior del río Garzón; así como el sector aledaño a los poblados Talolinga, al noreste y oeste de Pozo de Agua, al norte y este de San Vicente, al norte del lago Mata Redonda; también en la zona comprendida por villa Puerto Viejo, los poblados Vigía, Coyapa, Acoya, finca Las Vegas, curso inferior del río Morote, así como en pequeños sectores en el litoral Pacífico.

1.6. Geomorfología

El cantón de Nicoya presenta dos unidades geomórficas, denominadas forma de Denudación y de Sedimentación Aluvial.

La unidad de Denudación, se clasifica según su origen en Rocas ígneas y en Rocas Sedimentarias Marinas. Las formas originadas en Rocas Igneas están representadas por las Serranías y Valles Profundos del Complejo de Nicoya, y los Cerros Testigos del Complejo de Nicoya. Las Serranías y Valles Profundos del Complejo de Nicoya, se localizan en la zona comprendida por villa Sámará, los poblados Buenavista, Delicias de Garza, Virginia de Gamalotal, Bajo Cantarrana al sur de Caimitalito y Nambí; igualmente en fila Hormigosa y cerro Mona; también en el sector comprendido por los poblados Quirimán, Sabana Grande y el Cerro La Cruz; así como desde los Cerros San Vicente hasta los Cerros de Jesús. Además en el sector aledaño a los poblados Matambuguito y Camarones, y el Cerro Avellanas; esta subunidad presenta un relieve constituido por laderas de pendientes muy fuerte entre 20° y 30°, con divisorias de aguas muy angostas los fondos de los valles son angostos, respecto del ancho de las quebradas; las rocas corresponden al Complejo de Nicoya, principalmente basaltos, asociados a pedernales y radiolaritas. El origen se debe a la

erosión que ha actuado principalmente sobre rocas del citado complejo, dejando a estas serranías en un estado de denudación extrema. La forma originada por Rocas Sedimentarias Marinas se manifiestan en los cerros Testigos Arrecifales, ubicados en los cerros Barra Honda, Quebrada Honda, Corralillos, Caballito, Rosario, Corral de Piedra, Copal, Coyolar y Carazo; la mayor parte de ellos muestran una forma arqueada, otros el aspecto de anticlinales y sinclinales; sus laderas exteriores son muy empinadas con ángulos mayores de 35° y verticales al llegar a la cima; las laderas de la parte interna tienen menos inclinación, su parte superior es de carácter arrecifal. Es entendible su forma arqueada, la que puede ser causada por el crecimiento de un arrecife en forma de atolón; algunos como el de Corralillos alcanzan 475 metros sobre el llano. Debido a la filtración interna del agua, casi no existen corrientes superficiales, que en los cerros de Barra Honda da origen a las cavernas. La sección basal de estos cerros está compuesta de areniscas y lutitas de la Formación Rivas, la cima de los cerros y en algunos casos como en los cerros Rosario y Corral de Piedra, la parte interna está cubierta de caliza, de tipo arrecifal que pertenece a la Formación Barra Honda. El origen de estos cerros se debe al crecimiento de un arrecife en su cima: la caliza protegió de la erosión a las rocas inferiores; es muy probable que la forma arqueada sea originaria del arrecife, las calizas deben haber permanecido emergidas desde su formación puesto que sobre ellos no se han depositado otras rocas más jóvenes.

La unidad de Sedimentación Aluvial, se divide en seis subunidades, llamadas Conos Coluvio Aluviales, Llanura Aluvial del Río Tempisque, Planicie Aluvial con influencia Marina Cerca de la Costa, Pantano Permanente o Temporal, Marismas, y Conos Coluvio Aluviales con Influencia Marina. La subunidad Conos Coluvio Aluviales se encuentra aledaña a la carretera Nacional N° 21 desde el poblado Nambí hasta el de Guastomatal, lo

mismo que en el sector de la carretera que va desde el poblado Curime, hasta el de Gamalotal, así como en el área que bordea las lomas Palos Negros, los Cerros Caballito, Quebrada Honda, Barra Honda, Corralillos, Jesús y San Vicente. La subunidad Llanura Aluvial del Río Tempisque, se ubica entre los poblados Talolinga y Corralillo, y el sector aledaño a los poblados Rosario, Puerto Humo, Pozo de Agua, Caña, Pozos, Florida, y sector este y sureste de villa San Antonio. La cual presenta su máxima elevación de 50 m.s.n.m, con la presencia de meandros abandonados en las orillas del Río Tempisque, cono de talud al pie de las lomas, canales abandonados y matecones a orillas del citado río; esta subunidad se compone de sedimentos aluviales del Río Tempisque, por fracciones de rocas volcánicas de composición riolítica a andesítica; la textura del material es fina, con fracciones arenosas a limo arcillosas. En las vecindades de algunos cerros de rocas sedimentarias como Barra Honda, Caballito, Rosario y Corral de Piedras, el material formador del suelo son areniscas, lutitas, y fracciones de caliza, el relleno efectuado por el Río Tempisque, en su mayor extensión es de origen volcánico, con localidades aisladas donde dominan las fracciones sedimentarias, es probable que su altura y extensión lateral, han ido aumentando con el tiempo.

La subunidad Planicie Aluvial, con influencia marina cerca de la costa, se localiza entre el sector noroeste del poblado San Juan y el curso inferior del Río Morote, también en el poblado Copal y el área del curso medio de Quebrada Honda; ésta constituye una subunidad que se encuentra cercana a la costa, se caracteriza por presentar terrenos planos, de escasa pendiente menor de 1°, en algunos casos se pierde dentro de los manglares, en general, las fracciones son finas con lentes de grava, su origen se debe al aporte fluvial con algo de coluvio. La subunidad Pantano Permanente o Temporal, se encuentra en las

proximidades de los lagos Corral de Piedra y Mata Redonda, lo mismo que en las zonas aledañas a la laguna Sonzapote, constituidas por zonas de terreno plano, que suelen tener un microrrelieve de pequeñas ondulaciones. Esta subunidad se compone de un relleno de fragmentos líticos muy finos con dominancia de arcilla y limo y pequeños lentes arenosos, su origen se debe a rellenos por aportes fluviales. La subunidad Marimas, se ubica en las cercanías de los esteros Letras y Chilamo. La subunidad Conos Coluvio Aluviales con influencia marina, se sitúa en las márgenes del curso inferior de los Ríos Nosara, Buenavista y Garza, así como en el sector aledaño a los poblados Esperanza Sur y Barco Quebrado.

1.7. Hidrografía

El sistema fluvial del cantón Nicoya corresponde a la vertiente del Pacífico, el cual pertenece a la cuenca de los ríos de la Península de Nicoya y del río Tempisque. La primera es drenada por los Ríos Nosara, Montaña, Rempujo, Garza, Buenavista y Mala Noche; al Nosara se le unen los Ríos Pilas Blancas, Quirimán con sus afluentes Gamalotal, Lajas Sandol. Todos los anteriores ríos, excepto el Río Montaña, nacen en el cantón, cuyas aguas van de noreste a suroeste hasta desembocar en el Océano Pacífico. Otros ríos son Pueblo Nuevo, Nacaome y Morote, este último se origina de la confluencia de los ríos Grande y Momollejo, al río Grande se le unen los ríos Carreta, Perico, Chipanzo Potrero, Pedernal y Vueltas. También se juntan al río Morote los Ríos Cacao Mico, Camarón, Iguanita y Blanco, estos cursos de agua, excepto los cuatro últimos, nacen en el cantón, los cuales van en todas direcciones hasta desembocar en el Golfo de Nicoya. Los ríos Montaña, Momollejo, Blanco y Morote son límites cantonales: el primero con Santa Cruz; el segundo con Hojanca, y los otros con Nandayure.

La cuenca del río Tempisque es irrigada por los Ríos Charco, San Lázaro, Garzón y Quebrada Honda; los cuales son afluentes del río Tempisque. Estos cursos de agua nacen en el cantón y presentan un rumbo de suroeste a noreste y de noroeste a sureste.

1.8. Condiciones Climáticas

La información meteorológica para la zona de Nicoya se basa en la estación del mismo nombre. En el Cuadro N° 2 se presentan los datos geográficos de la estación, la cual es operada por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

Cuadro N°2

Información climatológica de Nicoya

Mes	Temperatura media °C		Precipitación total media (mm)	Promedio de días con lluvia
	Min	Max		
Ene	22.8	35.5	1	1
Feb	22.8	35.2	5.4	1
Mar	23.6	36.2	8.2	2
Abr	24.3	36.5	30.8	5
May	24.3	34.5	241.9	18
Jun	23.7	32.8	247.3	19
Jul	23.4	33	163.2	18
Ago	23.4	33	209.8	19
Set	23.1	32.1	383.4	24
Oct	23.2	31.2	395	24
Nov	23	31.6	112.2	13
Dic	22.9	32.8	6.8	4

Fuentes: Estación Nicoya, Instituto Meteorológico Nacional,

1.8.1. Precipitación

El clima de Nicoya es húmedo y caliente. El promedio de precipitación total anual es de 2 173 milímetros. La distribución de las lluvias en esta zona de Guanacaste presenta una época lluviosa bien definida que va de mayo a octubre, con máximos de precipitación en los meses de junio (primera etapa del invierno), setiembre y octubre (segunda etapa del invierno). En julio se registra una disminución en la lluvia como consecuencia del “veranillo”, el cual casi siempre ocurre en este mes. La época seca comprende los meses de diciembre a marzo. Abril y noviembre se consideran meses de transición en los cuales hay precipitaciones irregulares.

Aproximadamente un 25% de la precipitación va directamente hacia las capas subterráneas. Sin embargo, debido a la impermeabilidad del suelo y la existencia de cuencas muy pequeñas, la reserva de agua subterránea es pobre y su calidad es deficiente, pues su dureza es del orden de 200 mg/litro.

1.8.2 Temperatura

La temperatura promedio es cercana a los 27 °C. Los máximos de temperatura se presentan durante el mes de abril, alcanzando en algunos casos valores próximos a los 36 °C, mientras que las temperaturas mínimas son más probables en los meses que van desde diciembre a febrero, debido al efecto de los vientos del Norte y Noreste, diciembre es el de menor promedio mínimo con 20 °C .

1.8.3 Humedad Relativa

La humedad relativa oscila entre 60 y 65% en la época seca y en la lluviosa entre 80 y 85%, junio, setiembre y octubre que son los más lluviosos- muestran los máximos valores,

mientras que los mínimos se dan en el mes de marzo, las zonas más altas de esta región manifiestan humedades relativas altas la mayor parte del año, debido a que durante diciembre, enero y febrero tienen predominio de viento alisio y el consecuente arrastre de humedad en forma de nubosidad y lloviznas desde la región del Caribe y Zona Norte.

1.8.4. Viento

El viento predominante va de este y noreste a oeste y suroeste. Durante la época seca y durante el veranillo (julio y agosto), los vientos alisios predominan con direcciones de Este y Noreste, en mayo y junio la dirección del viento es de Oeste-Noroeste, los meses de setiembre y octubre también hay componente Sur . Usualmente, en la noche durante la época lluviosa prevalece el viento calmo.

La velocidad promedio anual del viento en la región es de 12 km/h los meses más ventosos son diciembre, enero, febrero y marzo, mientras que en abril el promedio apenas alcanza los 5 km/h.

Cuadro N° 3

Descripción del Clima en Nicoya

Precipitación media anual	2050-2400 mm
Temperatura media anual	23-28 °C
Evapotranspiración potencial anual	> 1710mm
Índice de aridez	> 20%
Índice Hídrico: húmedo	20-40

Fuente: Wilberth Herrera, Clima de Costa Rica.³

³ IFAM, Instituto de Fomento y Asesoría Municipal.

1.8.5. Evapotranspiración potencial (evp)

La zona de Nicoya presenta valores entre 2000 y 2100 mm anuales de EVP. Según el método de Harry F. Blannet y Waive D. Criddle la evapotranspiración, se expresa de la siguiente manera:

$$ET_o = p (0,457 T_m + 8.12)$$

ET_o = evapotranspiración de referencia (mm/mes) (promedio en periodo de un mes)

T_m = temperatura media diaria (°C)

p = % mensual de horas de luz del mes, con respecto al total anual.

1.8.6. Horas de sol

En ausencia de nubosidad, la duración diaria de la luz solar es de 12 horas, aproximadamente. Sin embargo, los cielos nublados reducen a menos de 6 horas el brillo solar, especialmente en las montañas. Este hecho es de gran importancia climática, dado que facilita el descenso de la temperatura.

Cuadro N° 4

Promedio diario de horas con sol

Estación	Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic
Nicoya	9.6	9.1	8.1	7.5	5.5	4.9	5.1	5.6	4.9	3.2	5.8	8

Fuentes: Estación Nicoya, Instituto Meteorológico Nacional,

Figura N° 3
Promedio diario de horas sol



Fuentes: Estación Nicoya, Instituto Meteorológico Nacional.

1.8.7. El Niño- Oscilación Sur

El Niño- Oscilación Sur, conocido como ENOS, comprende un fenómeno de acoplamiento oceánico-atmosférico recurrente en las aguas del Pacífico Ecuatorial, que se asocia con alteraciones en la temperatura del mar y genera variaciones en la expresión de la variabilidad climática interanual en las zonas, regiones o países bajo su influencia.

El Niño es representado por las sequías, sobre todo en la vertiente del Pacífico del país. Los registros demuestran que con cada evento de El Niño, ocurre un descenso notable de las lluvias y un cambio en la distribución de la precipitación.

Varios periodos en 1972-1973, 1976-1977, 1982-1983, 1991-1993 y 1997-1998, corresponden con eventos El Niño y a la vez, concentran casi todos los reportes de sequías en el país.

En el número de sequías reportadas en Costa Rica, es significativa la brecha de Guanacaste respecto de las otras provincias. La situación es mucho más homogénea entre los cantones guanacastecos, puesto que los once promedian 30.7 eventos.

1.9. Plan regulador para la ciudad de Nicoya

A solicitud de la Municipalidad de Nicoya, a finales de los años setentas, el I.N.VU. realizó un estudio del ordenamiento urbano de la ciudad, debido a la gran cantidad de problemas que se presentaban en materia de urbanismo. Este plan presentaba propuestas de planeamiento en aspectos tales como: Desarrollo Regional, Zonificación, Vialidad y Facilidades Comunes en esa época para orientar el desarrollo en una forma eficiente.

Dentro de los temas más importantes que se destacan en el estudio se pueden mencionar demografía, el uso del suelo urbano, vivienda, áreas verdes, tendencias de expansión, industria y comercio, infraestructura urbana y de servicios y la población económicamente activa, entre otros.

1.10. Características del área urbana

1.10.1. Densidades

En el área de estudio existían en el año 2007 alrededor de 5 414 viviendas, distribuidas en un área de 421.47 Ha, con un porcentaje de 3.9 habitantes por vivienda. Con estos datos en las zonas residenciales, la densidad de población es de 50 hab/Ha.

1.11. Características Económicas

El cantón de Nicoya posee una geografía de llanuras y valles con excelentes características para la agricultura y ganadería. Se destacan los cultivos de melón, arroz y maíz. El turismo ha seguido el ritmo de crecimiento vertiginoso que caracteriza a la

provincia, y en especial en la ciudad de Nicoya, que es un importante nudo de comunicaciones hacia las playas.

1.12. Infraestructura social

1.12.1. Educación

En comparación con el país, Nicoya tiene un nivel de instrucción bajo, principalmente en la enseñanza media y educación universitaria. Nicoya posee un nivel promedio de educación similar al de los otros cantones de la región (ver cuadro N° 6).

1.12.2 . Vivienda

Cuadro N° 5

Viviendas ocupadas por su estado

Estado vivienda	Cantidad viviendas	Porcentaje
Buena	2.933	54.17%
Regular	1.734	32%
Mala	747	13.79%
Total	5.414	100%

Fuente: Censo 2000 Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Cuadro N° 6

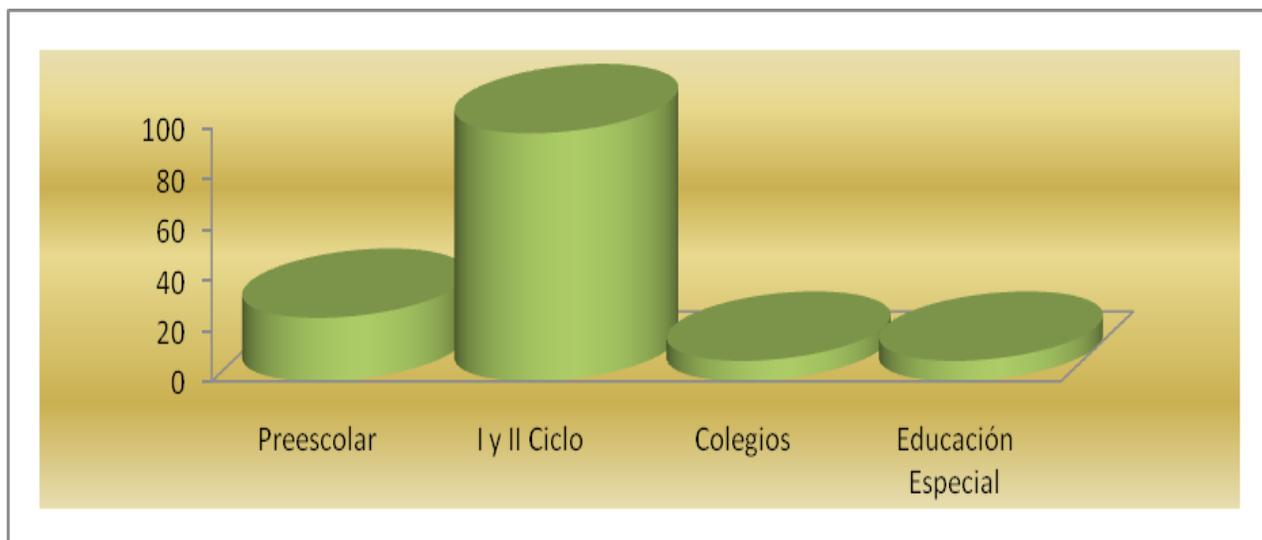
Población de 5 años y más por nivel de instrucción según la fuente censo año 2000

Provincia, cantón y distrito	Total	Ningún grado	Preparatoria o kínder	Primaria	Secundaria		Para- universitaria	Universitaria
					académica	técnica		
Costa rica	3433595	248446	108 830	1814407	773710	87 787	50 305	350 110
Guanacaste	237 862	21 178	7 537	133 765	47 267	8 839	2 666	16 610
Nicoya (cantón)	38 493	3 017	1 009	22 042	7 771	1 545	367	2 742
Ciudad nicoya	19 120	1 350	559	9 639	4 875	474	264	1 959
Mansión	4 278	328	119	2 475	670	420	39	227
San Antonio	6 183	452	123	3 859	1 053	428	22	246
Quebrada Honda	2 126	96	43	1 348	350	177	13	99
Sámara	2 324	306	39	1 589	279	19	16	76
Nosara	2 552	234	95	1 751	341	16	6	109
Belén de Nosarita	1 910	251	31	1 381	203	11	7	26

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Figura N° 4

Números de centros educativos en el cantón de Nicoya



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

1.12.3. Alcantarillado sanitario

Empezó a funcionar a fines de 1977. El sistema cuenta con dos lagunas de oxidación ubicadas en la parte este de la población. El mantenimiento se da en las cajas de registro y en las lagunas de oxidación.

1.12.4. Acueducto

La descripción del sistema actual y su operación se detalla en la sección 4.4.

1.12.5 Salud

Cuadro N° 7

Datos generales sobre la red de establecimientos de salud en el cantón de Nicoya

N°	Nombre del distrito	EBAIS		Área de Salud	Hospital	Hospital	Región
				Centro Sede de Área	Periférico	Regional	
1	Nicoya	1	San Martín	Nicoya	Hospital	Hospital	Chorotega
		1	Nicoya noroeste	Hospital	Nicoya	Enrique Baltodano	
		1	Nicoya suroeste		Hospital		
		1	La Virginia y Quiriman		Upala		
		1	Juan Díaz / Nambí				
	Totales	5		1	2	1	

Fuente: Elaborado por la Sección de Investigación y Desarrollo, IFAM

1.12.6 Empleo - actividad

El cantón de Nicoya es de tipo agropecuario, la gran mayoría de los trabajadores laboran en el sector primario (agricultura, pesca, silvicultura y caza).

Cuadro N° 8

Población económica

Activa:	Ocupada	Desocupada		
Total		Total	Cesante	Busca por 1ra vez
11.972	11.223	749	666	83
Inactiva:	Pensionados o Rentistas	Estudiantes	Quehaceres del Hogar	Otra
Total				
20.119	1.811	5.505	10.895	1.908

Fuente: Censo 2000 Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

1.12.7. Infraestructura económica

Nicoya tiene una zona comercial bien definida, la cual presenta su mayor concentración en el casco central de la ciudad, se genera gran dispersión en el resto del área urbana.

Al norte de la ciudad, donde están establecidos los Barrios San Martín y Los Ángeles, se nota una gran dispersión de actividades, ya que no se cuenta con una zona industrial y comercial bien definida. La mayoría de los establecimientos están insertados dentro de zonas residenciales, se manifiesta la misma situación al este y oeste, donde están establecidos los barrios El Carmen, La Virgen y La Cananga.

1.12.8. Vías de comunicación y transporte

Cuadro N° 9

Datos generales sobre el estado de la red vial nacional y cantonal

Longitud de la red por provincia:	1.616,53			3.906,40		
Longitud de la red por cantón:	278,41			595,50		
	RED NACIONAL			RED CANTONAL		
Tipo de superficie	Bueno	Regular	Malo	Bueno	Regular	Malo
Carpeta asfáltica	0,99	2,56	17,52	13,00		
Tratamiento superficial múltiple	26,51	36,22	27,40			
Tratamiento superficial simple		9,01	0,50			
Tratamiento superficial bituminoso						4,00
Concreto						
Lastre		69,85	87,85			
Tierra						
Lastre - tierra				109,40	345,10	124,00

Fuente: Dirección de Planificación de Obras Públicas y Transporte.

1.12.9. Servicios municipales

La municipalidad presta servicios en diferentes aspectos como lo son: sanidad, recreación, ornato, educación y otros. Está encargada del servicio de alcantarillado pluvial y un sistema de cordón y caño que se da solo en el centro de la comunidad.

El matadero municipal está localizado en el distrito de la Mansión a 10 Km de la ciudad. Es un matadero regional, de servicio a toda la Península. El servicio de recolección de basura es deficiente y cubre solo parte de la ciudad. La disposición de estos desechos no es la óptima, no se cuenta con equipo de tratamiento, la basura se quema.

Cuadro N° 10

Servicios municipales	
Administración de parques	Recreación
Administración de terminal de buses	Transporte Público
Aseo de vías	Sanidad
Cementerio	Sanidad
Mantenimiento de calles y caminos	Vialidad
Matadero	Comercialización
Mercado	Comercialización
Recolección de basura	Sanidad

Fuente: Censo 2000 Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

1.13. Perspectivas de desarrollo

Nicoya ofrece perspectiva de amplio crecimiento por la riqueza de sus recursos naturales y el interés que existe en invertir en su aprovechamiento y explotación. Esta región siempre fue un importante centro desde la época precolombina, durante la colonia, y actualmente, tiene una gran riqueza histórica y turística por explotar.

El centro presta servicios a una región agropecuaria, su característica es ser una ciudad al servicio del desarrollo agrícola y ganadero. Según las tendencias actuales, el área de pasto seguirá en aumento, eliminando áreas forestales y creando mayores problemas de contaminación, erosión y degradación de suelos.

También produce una mayor concentración de tierras en grandes propiedades, desaparecerán las fincas pequeñas y provoca desempleo y migración de las zonas rurales hacia las urbanas. La región Nicoya presenta condiciones óptimas para ciertos cultivos como: arroz, caña, sorgo, algodón, soya, marañón y otros productos.

El turismo ha seguido el ritmo de crecimiento vertiginoso que caracteriza a la provincia, y en especial en la ciudad de Nicoya, que es un importante nudo de comunicaciones, y en las playas, entre las que se destacan Sámara y Nosara.

Sin lugar a dudas el turismo ha representado para Nicoya una gran oportunidad y un factor clave para el desarrollo y un vehículo para el crecimiento económico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. Aspectos básicos del abastecimiento de agua

2.1. Elementos del sistema de abastecimiento

a) Fuente de abastecimiento

Existen diversos tipos de fuentes de abastecimiento de agua, puede ser superficial, como lo son los ríos, lagos o embalses, o de aguas subterráneas superficiales o profundas. La designación del tipo de abastecimiento depende de factores como la localización, calidad y cantidad.

b) Obras de captación

Si se selecciona una fuente de abastecimiento superficial, la estructura de captación es la bocatoma, en cambio, si se utiliza una fuente de aguas subterráneas, la captación es por medio de pozos.

c) Obras de conducción

En un proyecto existen numerosas conducciones de agua entre diferentes puntos:

Bocatoma-desarenador, desarenador-tanque de almacenamiento y línea matriz. Estas conducciones pueden ser de diferentes formas, dependiendo de la topografía y su la longitud. Estas conducciones son por tubería a presión o por gravedad.

- **Planta de tratamiento**

Ningún agua en su estado natural es apta para el consumo humano, siempre se requiere al menos de un tratamiento de cloración con el fin de prevenir la contaminación con organismos patógenos durante su conducción del agua.

El tratamiento del agua para hacerla potable es la parte más delicada del sistema. El tipo de tratamiento es muy variado en función de la calidad del agua cruda. Una planta de tratamiento de agua potable completa generalmente consta de los siguientes componentes:

- Reja para la retención de material grueso, tanto flotante como de arrastre de fondo;
- Desarenador, para retener el material en suspensión de tamaño fino;
- Floculadores, donde se adicionan químicos que facilitan la decantación de sustancias en suspensión coloidal y materiales muy finos en general.
- Decantadores, o sedimentadores que separan una parte importante del material fino.
- Filtros, que terminan de retirar el material en suspensión.
- Dispositivo de desinfección.

2.2. Almacenamiento

El caudal de captación y el caudal demandado por la comunidad no siempre es constante, es necesario almacenar agua en un tanque durante los períodos en los que la demanda es menor que el suministro y utilizarla en los períodos en que la comunidad demanda gran cantidad del líquido.

En los sistemas que utilizan agua subterránea, el acuífero funciona como un verdadero tanque de almacenamiento, la mayoría de las veces con recarga natural, sin embargo, hay casos en que la recarga de los acuíferos se hace por medio de obras hidráulicas especiales

2.3. Almacenamiento de agua tratada

El almacenamiento del agua tratada tiene la función de compensar las variaciones horarias del consumo, y almacenar un volumen estratégico para situaciones de emergencia,

como por ejemplo incendios. Existen dos tipos de tanques para agua tratada, tanques ubicados a nivel del suelo y tanques elevados, cada uno dotado de dosificador o hipoclorador para darle el tratamiento y volverla apta bacteriológicamente apta para el consumo humano.

2.4. Distribución

La distribución puede darse por medio de una pileta de agua y por medio de una serie de tuberías o redes de distribución que llevan el agua a cada domicilio.

La red de distribución se inicia en la primera casa de la comunidad; la línea de distribución se inicia en el tanque de agua tratada y termina en la última vivienda del usuario del sistema. Consta de:

- Estaciones de bombeo
- Tuberías principales, secundarias y terciarias.

2.5. Volumen de agua

Determinar el caudal de agua es fundamental para el diseño del acueducto. Se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

1. Periodo de diseño.
2. Población de diseño.
3. Área de estudio.
4. Hidrología de diseño.
5. Usos del agua.
6. Inversión de capital.

2.6. Partes que constituyen una captación

- Estructura vertedora.
- Toma de agua.
- Desarenador.
- Dispositivos de control.
- Canal.

2.7. Descripción teórica de un acueducto

Una red de distribución hidráulica es un sistema de elementos (tuberías, bombas, válvulas, tanques, etc) que se conectan entre sí para transportar determinadas cantidades de fluido y donde las presiones deben, en general, cumplir con un valor mínimo establecido en las normas locales.

Los diferentes dispositivos como válvulas, bombas, codos, etc. caracterizan el funcionamiento del conjunto. Cada una de las tuberías tiene una longitud, diámetro y coeficiente de rugosidad característico. Las tuberías se conectan entre sí en puntos denominados nudos o nodos de unión. Los nodos de unión pueden bien ser puntos donde dos o más secciones de tubería se encuentran, o donde el caudal entra o sale de la red. Existe otro tipo de nodo, denominado nodo fuente; éste es un punto de energía constante, como por ejemplo un tanque de almacenamiento elevado, una válvula de regulación de presión, entre otros.

La red hidráulica debe encontrarse en equilibrio, esto es: debe cumplirse tanto la Ley de Conservación de la Masa como la Ley de Conservación de la Energía.

La ecuación de continuidad o de conservación de la masa establece que en una red de distribución hidráulica la suma algebraica de los caudales que entran y salen de un nodo determinado de la red debe ser cero.

La ley de la conservación de la energía establece que en todo circuito fundamental de una red, las pérdidas de energía son iguales a la energía externa que recibe el fluido.

Las ecuaciones correspondientes a estas leyes son las que gobiernan el funcionamiento de la red hidráulica en estado estacionario. Para una red de distribución hidráulica en condiciones de flujo permanente se estudia el nivel de presiones que se genera en el sistema y los caudales que circulan por las tuberías, así como también su diseño. En general, los problemas que deben resolverse en una red hidráulica son:

- Revisión de la capacidad hidráulica.
- Diseño de la conducción.
- Cálculo de la potencia.

2.8. Principios básicos de la hidráulica de redes de distribución

Para cualquier red de tuberías debe cumplirse que:

En todo nodo, el caudal que entra debe ser igual al que sale. Más conocido como la ley de Kirchoff y expresada como (Ley de Balance de Flujos):

$$\sum Q_i = 0 \quad (1)$$

En un anillo, la suma algebraica de las caídas de presión debe ser igual a cero. Es la Ley de la Pérdidas de Carga, las h_f llevan el mismo signo que el caudal que las origina:

$$\sum h_f = 0 \quad (2)$$

En cada tubería, las pérdidas por fricción deben calcularse mediante cualquiera de las expresiones hidráulicas que relacionan el caudal con la pérdida:

$$H_f = M * Q^n \quad (3)$$

Donde M es el módulo de caudal.

El cálculo de la ecuación (3), se puede realizar por medio de la fórmula de Hazen-Williams o por la fórmula de Darcy-Weisbach, para pérdidas distribuidas o longitudinales. La diferencia radica en que la fórmula de Darcy-Weisbach requiere que el módulo de caudal quede expresado en función del coeficiente de fricción "f". El cálculo por medio de Hazen-Williams se expresa de la siguiente manera:

$$H_f = 10.675 (Q / CH)^{1.852} * (L / (D^{4.87}))$$

Donde:

L: longitud de la tubería, en metros.

CH: coeficiente de rugosidad, adimensional.

D: diámetro de la tubería, en metros.

Q: caudal que pasa por el segmento en m³/s.

Como se puede observar de las ecuaciones (1) y (2), el sistema es uno de los tipos no lineales. En estos casos, se hace necesario recurrir a los métodos numéricos para la solución de sistemas no lineales, que son parte de la teoría utilizada por el programa WaterCad, utilizado en la modelación del sistema.

2.9. Sobrepresiones causadas por el fenómeno de golpe de ariete en tuberías a presión a caudal constante.

Debido a la magnitud de importancia de la conducción, es importante tener en cuenta el efecto de este fenómeno en la tubería.

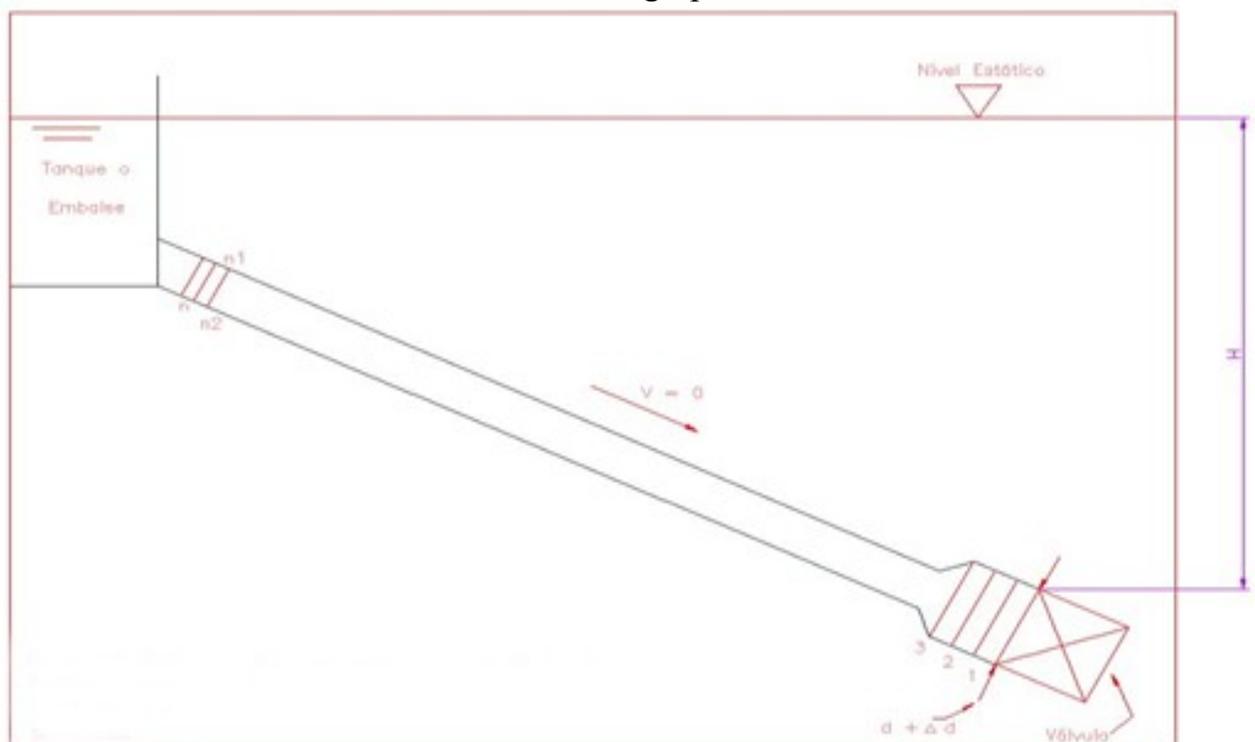
Se denomina “golpe de ariete” el efecto de choque violento o sobrepresión súbita producida sobre las paredes del conducto forzado, al modificarse de manera instantánea el movimiento del fluido como puede ocurrir en el caso del cierre repentino de una válvula o su apertura súbita.

El mecanismo del golpe de ariete es el siguiente:

Inicialmente la tubería conduce el agua en condiciones normales a una velocidad V . idealizando el fluido como una serie de láminas, en el momento del cierre de la válvula sucede lo siguiente:

Figura N° 5

Mecanismo del golpe de ariete



La lámina contigua a la válvula se comprime y convierte su energía de velocidad en energía de presión, causando la dilatación de la tubería en el punto 1 (ver figura N° 5) y una compresión elástica de la lámina. Lo mismo sucede con las láminas aguas arriba (2, 3, ...n) y se produce una onda de sobrepresión avanzada en la dirección de aguas arriba.

Al llegar la onda de sobrepresión a la última lámina (lámina n contigua al tanque), ésta tiende a salir de la tubería con una velocidad igual en magnitud, pero de sentido contrario a la que tenía el agua antes de interrumpirse el flujo (-V). Como la extremidad inferior está cerrada, se produce una presión de magnitud igual a la onda de sobrepresión, la cual se propaga en la dirección de aguas abajo.

El tiempo en que la lámina 1, contigua a la válvula, ha permanecido en estado de sobrepresión es:

$$T = \frac{2L}{C}$$

L= longitud hasta el depósito (m)

C= Velocidad de propagación de la onda o celeridad (m/s)

T= Fase o período de la tubería o tiempo crítico, en segundos.

Debido a la depresión de la lámina, el agua tiende a ocupar nuevamente la tubería con la misma velocidad inicial y regresa nuevamente a la condición original.

La fricción a lo largo de la tubería y su elasticidad constituyen factores amortiguadores de estas ondas de sobrepresión y depresión, haciendo que el fenómeno disminuya en magnitud con el tiempo.

El valor de celeridad o velocidad de propagación de la onda puede ser calculado mediante la fórmula de Allievi:

$$C = 9900 / (48.3 + k(D/e))^{1/2}$$

En donde:

C= Celeridad de la onda (m/s)

D= Diámetro del tubo (m)

E= Espesor de la pared del tubo (m)

K= Relación entre el módulo de elasticidad del agua y el del material de la tubería.

K= $10^{10}/E_{\text{tubería}}$ (ver Cuadro N° 11).

Cuadro N° 11

Relación de módulos de elasticidad del agua y del material de la tubería

Material de la tubería	K
Acero	0.5
Hierro fundido	1.0
Concreto	5.0
Asbesto-cemento	4.4
Plástico	18.0

Fuente: Diseño de Acueductos y Alcantarillados, López Cualla Ricardo

Tiempo de cierre (Tiempo de maniobra) = t_m

Si la maniobra es rápida, la válvula queda completamente cerrada antes de comenzar a actuar la onda de sobrepresión:

$$T_c = \frac{2L}{C} \quad \text{Sobrepresión máxima}$$

Si el tiempo de cierre es lento, la onda de sobrepresión llega a la válvula antes de que ésta se halle completamente cerrada:

$$T = \frac{2L}{C} \quad \text{Maniobra lenta} \quad t_m > T_c$$

2.10. Cálculo de la sobrepresión

En el caso de una maniobra rápida ($T < 2L/C$), la sobrepresión máxima será;

$$h_a = \frac{CV}{g}$$

Donde:

h_a = Sobrepresión (m de agua)

V = Velocidad (m/s)

g = Aceleración de la gravedad, en m/seg²

En el caso de una maniobra lenta ($T > 2L/C$), la sobrepresión será:

$$h_a = \frac{CV}{g} \frac{T}{t_m} = \frac{CV}{g} \frac{(2L/C)}{t_m} = \frac{2LV}{g t_m}$$

t = Tiempo de maniobra

La ecuación anterior (Michaud) puede ser usada para determinar el tiempo de maniobra necesario para que la sobrepresión no supere el valor límite establecido, según la clase de tubería.

2.11. Medidas contra el golpe de ariete

Pueden tomarse varios tipos de medidas:

- Limitación de las velocidades (0.6 m/s a 3.0 m/s).
- Cierre lento de las válvulas mediante la colocación de un volante de gran diámetro.
- Empleo de válvulas especiales contra el golpe de ariete.

- d) Aumentar el espesor de la pared del tubo.
- e) Construcción de pozos de oscilación o cámaras de aire comprimido

2.12. Velocidades en las tuberías principales

La velocidad máxima en las tuberías principales no debe exceder 3.0 metros por segundo, a fin de prever daños en las tuberías y válvulas, e inconvenientes causados por sobrepresiones, como cuando existen válvulas reductoras de presión. Este criterio de velocidad es aplicable para tuberías de hierro fundido, hierro dúctil, PVC.

2.13 Coeficiente de rugosidad

Se evalúa la rugosidad de las tuberías utilizando como parámetros el coeficiente “C” de Hazen y Williams, ya que es el utilizado por el AyA.

- a) Los coeficientes “C” de Hazen y Williams por utilizar serán basados en: edad de las tuberías (en el cuadro N° 12 se muestran los coeficientes a utilizar de acuerdo con la edad de las tuberías).
- b) Modelo matemático Acueducto de Nicoya: se utilizarán como un segundo criterio los coeficientes que resultan de este modelo.

Cuadro N° 12
Coeficiente de rugosidad

Material	Nueva	Vieja
PVC	130	110
Hierro Fundido	110	80
Hierro Galvanizado	120	80
Hierro Dúctil	120	80
Asbesto-Cemento	130	70

Fuente: Departamento de Optimización de Sistemas del Acueducto y Alcantarillados.

2.14. Periodo de diseño, población y dotaciones

2.14.1. Periodo de diseño

Demanda el mayor tiempo previsto para que cada una de las obras constituyentes de sistema de acueducto funcionen eficientemente.

Las obras de gran magnitud, requieren un tiempo considerable en estudios, financiación, construcción, etc., es recomendable elegir períodos de diseño mayores. Las obras que se pueden ejecutar por etapas, se proyectarán para tiempos cortos dentro de un período de diseño mayor: líneas de conducción, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y redes de distribución, de 20 a 30 años.

2.14.2. Población futura

La población futura se estima tomando en cuenta los aspectos políticos, sociales y económicos que puedan influir en el mayor o menor crecimiento de la población. Si se dispone de censos de población, la estimación se realiza de acuerdo con la tendencia que muestren.

2.15. Caudales de diseño

El caudal máximo diario es de 1.1 a 1.3 veces el caudal promedio diario. En caso de plantas potabilizadoras se aumenta en un 10% por concepto de aguas de lavado.

El caudal máximo horario es de 1.6 a 2.0 veces el caudal promedio diario, y el caudal de incendio se calcula de acuerdo con la siguiente tabla:

Cuadro N° 13
Caudal de incendio

Población (habitantes)	Número de hidrantes operando simultáneamente	Caudal adicional para incendio (l/s)
0 a 5.000	0	0
de 5000 a 15.000	1	8
de 15.000 a 30.000	2	16
de 30.000 a 60.000	3	24
de 60.000 a 120.000	5	40
De 120.000 a 200.000	6	48
De 200.000 a 300.000	8	64

Fuente: Normas de diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable en CR.

2.16. Capacidad de las diferentes partes del sistema

En sistemas por gravedad y provistos de tanques de almacenamiento, la fuente, la captación y la conducción se diseñan para el caudal máximo diario más, cuando proceda, el caudal de lavado de filtros.

En sistemas por bombeo y provistos de tanques de almacenamiento, los elementos correspondientes se diseñan para el caudal de bombeo (caudal máximo diario multiplicado por 24 y dividido por el número de horas diarias de bombeo).

2.17. Tuberías a presión

Las presiones máximas en las líneas de conducción deben ser inferiores a las presiones de trabajo de las tuberías respectivas o correspondientes.

2.18. Presiones en la red de distribución

La presión dinámica mínima en el punto crítico de la red de distribución, no debe ser menor de 15 m.c.a en el momento de máxima demanda horaria, en relación con el nivel medio del tanque. Sin embargo, en condiciones de zonas muy llanas, se acepta un mínimo de 10 m.c.a en el momento de la máxima demanda horaria, en relación con nivel medio del tanque de almacenamiento. La presión de funcionamiento en el sistema, normalmente, no debe exceder 60 m.c.a en relación con el nivel medio del tanque, en la condición de presión estática nocturna.

2.19. Características de las tuberías

En general, las tuberías deberán ser resistentes a la presión estática interna, más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso, la resistencia de las tuberías es menor a 100 m.c.a, con las siguientes excepciones:

- En líneas de conducción, cuando el cálculo hidráulico lo permita, las tuberías deberán ser resistentes a la presión estática interna, más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso, la resistencia de las tuberías es menor a 80 m.c.a.
- En redes de distribución de acueductos rurales, cuando el cálculo hidráulico lo permita, las tuberías deberán ser resistentes a la presión estática interna, más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso, la resistencia de las tuberías es menor a 80 mca.

Además deberán ser resistentes a las cargas exteriores por el relleno de zanjas y cargas móviles; al impacto en caso de tuberías instaladas sobre el terreno, a la corrosión por acción química del agua y del suelo, a presiones negativas, dilatación, etc.

2.20. Diámetros mínimos

En conducciones, el diámetro mínimo es el que determine el cálculo hidráulico. En redes de distribución, el diámetro mínimo es de 100 mm, y se aceptarán tuberías de hasta 50 mm de diámetro en zonas de desarrollo limitado, tales como rotondas, martillos y finales de ramal, y en sistemas de acueducto rural.

2.21. Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento deberán tener la capacidad suficiente para almacenar agua con los propósitos de:

- a) compensar las fluctuaciones horarias de la demanda.
- b) combatir incendios.
- c) suplir agua en caso de interrupciones del abastecimiento matriz.

2.21.1. Volumen de regulación del consumo

Es el requerido para compensar las fluctuaciones horarias del consumo. Es determinado para cada caso en particular, utilizando curvas de consumo reales.

En caso de no disponer de esta información, y si el caudal que alimenta el tanque es constante e igual al caudal promedio demandado en la zona abastecida por el depósito, este volumen es el 14% del volumen promedio diario.

2.21.2. Volumen de reserva para incendios

Este volumen corresponde a la cantidad de agua necesaria para suministrar los flujos indicados para combatir incendios, durante el tiempo que dure el incendio. La duración de cada incendio se estima de acuerdo con el siguiente cuadro, el cual señala el volumen mostrado.

Cuadro N°14
Volumen de almacenamiento

Tamaño de la población (habitantes)	Caudal de incendio (l/s)	Duración del incendio (horas)	Volumen del almacenamiento (m³)
5000 a 15000	8	3	90
15000 a 30000	16	3	170
30000 a 60000	24	3	260
60000 a 120000	40	4	580
120000 a 200000	48	4	690
200000 a 300000	64	4	920

Fuente: Normas de diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable en CR.

2.21.3. Volumen de reserva para interrupciones

El volumen de reserva por interrupciones en el servicio, será, como mínimo, el volumen que corresponde a un período de cuatro horas del caudal promedio diario.

2.21.4. Volumen total de almacenamiento

El volumen de almacenamiento total, es el que resulte de la suma de los tres volúmenes anteriores.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE POBLACIÓN

3. Generalidades

En la evaluación de un sistema de abastecimiento de agua potable y su funcionamiento, la estimación del número de habitantes para determinar la capacidad futura del sistema existente, es un parámetro básico para el cálculo del caudal de diseño para la región en estudio. Se debe tomar en cuenta el crecimiento demográfico de la zona, una vez realizados los estudios de población, se puede obtener un dato confiable y así establecer la posible demanda futura de agua.

Para calcular la población futura es necesario estudiar las características sociales, culturales y económicas de los habitantes en el pasado y el presente.

Determinar el crecimiento poblacional con un grado de precisión confiable, implica la necesidad de utilizar los datos de los censos; así como información que permita evaluar los factores sociales y económicos que ejercen influencia sobre el número de habitantes de una región. Los cambios sociales están sujetos a factores que puedan provocar fuertes alteraciones en la tasa de natalidad y mortalidad, cambios en los servicios de salud, nuevas fuentes de empleo, factores como: políticas demográficas, mejoramiento de servicios de salud, entre otros. Los cambios económicos influyen sobre el aumento o disminución de la población, produce una corriente migratoria hacia fuera o atrae nuevos habitantes a la región. Un aumento en la actividad económica que generadora de empleo, detiene la emigración e incrementa la inmigración.

Una adecuada proyección poblacional permite determinar aproximadamente para cuándo es necesario ejecutar obras de ampliación del sistema actual, y así para aumentar la capacidad de las diferentes partes del sistema o investigar otras alternativas con el fin de obtener un adecuado funcionamiento y abastecimiento del agua potable.

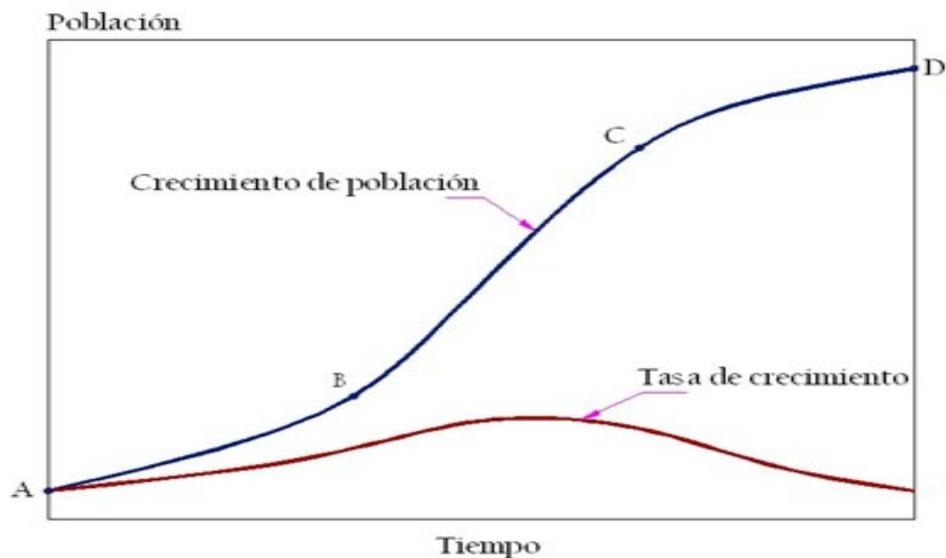
La población presenta un crecimiento vegetativo, es decir, con espacio y oportunidad económica limitados. En este caso, la curva de crecimiento de la población tiene forma de “S”, por lo que se le llama “Curva S” y está compuesta por tres etapas de crecimiento:

- 1) Crecimiento Geométrico. Crecimiento temprano con índice creciente
- 2) Crecimiento Lineal. Crecimiento intermedio con índice constante
- 3) Crecimiento logarítmico. Crecimiento tardío con índice decreciente

El comportamiento de crecimiento de una población dada depende de la porción de la curva en que se encuentre en un momento dado.

En la base de cualquier tipo de proyección de población están los censos, los cuales proporcionan la información más confiable. Los censos utilizados en este análisis son los realizados en los años 1963, 1973, 1984 y 2000 y las proyecciones de los años 2000 a 2007 elaborados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Con base en estos datos, se procede a calcular la población futura a través de algunos de los métodos que existentes para este fin. No hay un método exacto para calcular la población futura; sin embargo, es necesario para un período de diseño dado, obtener un valor lo más cercano a la realidad, con el fin de realizar el diseño más conveniente del abastecimiento de agua potable.

Figura N° 6
Curva S de crecimiento



Fuente: Diseño de acueductos y alcantarillados, Ricardo Lçopez Cualla.

3.1. Población presente y pasada

Los procesos que realizan las variantes demográficas en la actualidad son las políticas demográficas, los procesos de urbanización e industrialización, disponibilidad de áreas para la expansión, cambios en la tasa de natalidad y de defunción.

Nicoya ha sido, a través de la historia, uno de los cantones más extensos y poblados de la Provincia de Guanacaste, como se muestra a continuación:

Cuadro N° 15

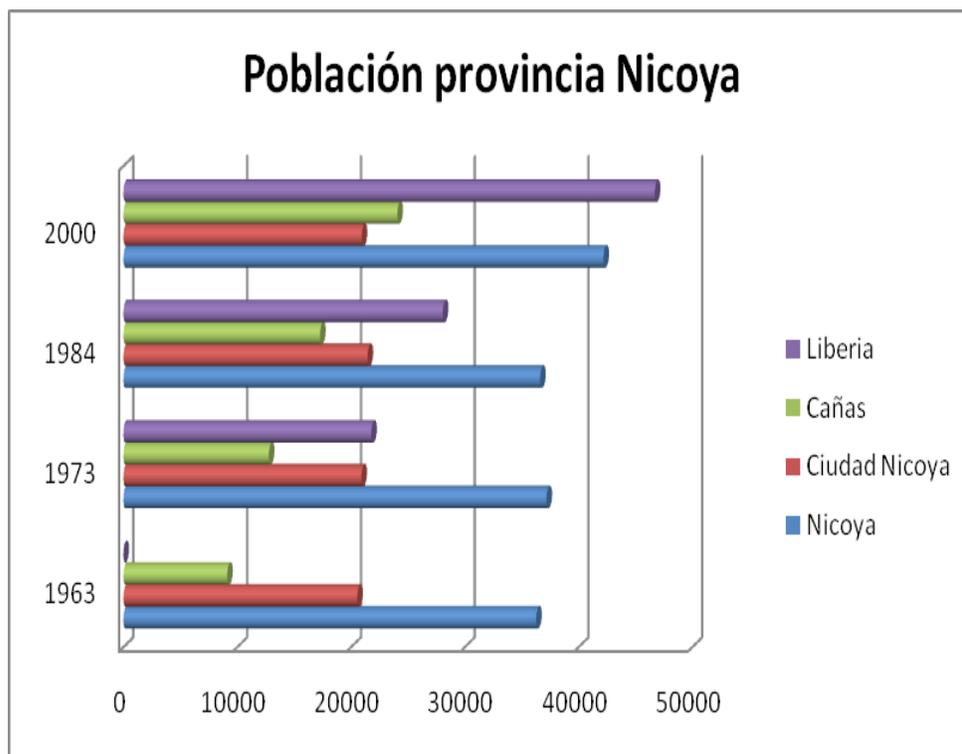
División territorial y números de habitantes

Cantón	Territorio	Población			
		1963	1973	1984	2000
	(Km ²)				
Nicoya	1 333.68	36 276	37 185	36 626	42.189
Ciudad Nicoya	311.08	20 556	20 915	21 455	20 945
Cañas	193.22	9 117	12 779	17 284	24 076
Liberia	1 436.47	18 030	21 781	28 067	46.703

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo.

En el año de 1963 éste se dividía en tres distritos, Nicoya (1), Mansión (2) y San Antonio (3), los cuales le dieron origen al cantón. Para 1973 se habían declarado dos distritos más, Quebrada Honda (4), en julio de 1967 y Sámara (5), en diciembre de 1971. El primero fue segregado de los distritos segundo y tercero, y el segundo del distrito primero. El 15 de junio de 1988 se declaró Nosara como distrito sexto del cantón, el cual se segregó también del distrito primero. En la actualidad el cantón se divide en siete distritos de los cuales Belén de Nosarita, distrito sétimo, perteneció en se totalidad al distrito primero, antes de julio de 1994.

Figura N° 7



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo.

La división actual de la zona está conformada por:



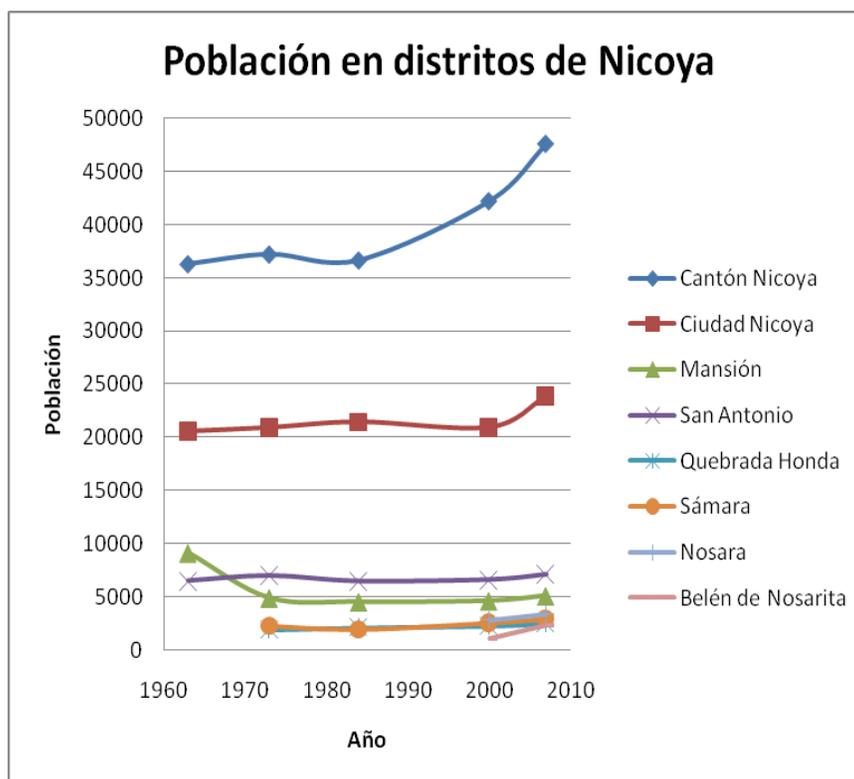
Cuadro N° 16

Crecimiento de la población en los distritos de Nicoya

Zona	Año				
	1963	1973	1984	2000	2007
Cantón Nicoya	36 276	37 185	36 626	42 189	47 555
Ciudad Nicoya	20 556	20 915	21 455	20 945	23 903
Mansión	9 170	4 928	4 562	4 663	5 141
San Antonio	6 556	7 061	6 510	6 662	7 168
Quebrada Honda	-	1 964	2 140	2 323	2 531
Sámara	-	2 317	1 979	2 603	3 004
Nosara	-	-	-	2 875	3 425
Belén de Nosarita	-	-	-	1 092	2 383

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo, Censo 2007.

Figura N° 8



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo, Censo.

Esta provincia no ha presentado un aumento importante de su población, debido a muchos de sus habitantes han salido hacia otros lugares del país, especialmente al Valle Central, en busca de nuevas oportunidades, tanto de estudio como de trabajo.

3.2. Periodo de diseño

Se entiende por periodo de diseño, el número de años a partir de la entrada en operación del sistema, durante los cuales el acueducto ha de prestar el abastecimiento de agua potable con eficiencia.

3.2.1 Factores determinantes

Los factores que intervienen en el periodo de diseño son:

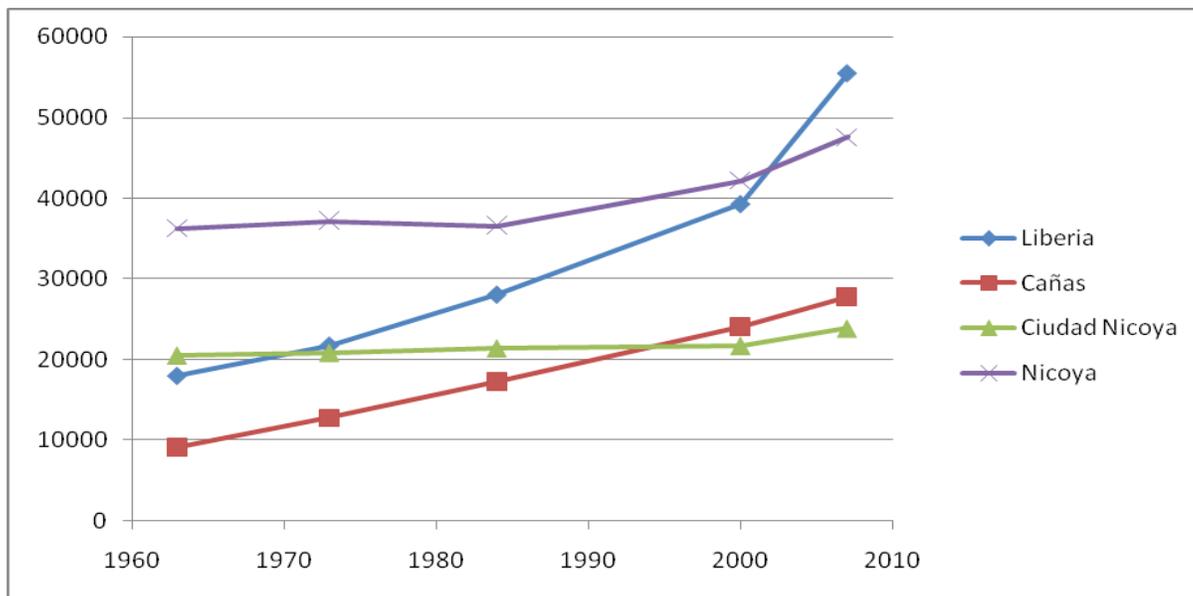
- 1) Vida útil de las estructuras y equipo, toma en cuenta el desgaste y daños.
- 2) Ampliaciones futuras y planeación de las etapas de construcción del proyecto.
- 3) Cambios en el desarrollo social y económico de la población.
- 4) Comportamiento hidráulico de las obras cuando estas no estén funcionando en su plena capacidad.

En el abastecimiento de agua potable para la Ciudad de Nicoya, se toma un periodo de diseño de 25 años, a partir del año 2008.

3.3. Métodos de estimación de la población futura

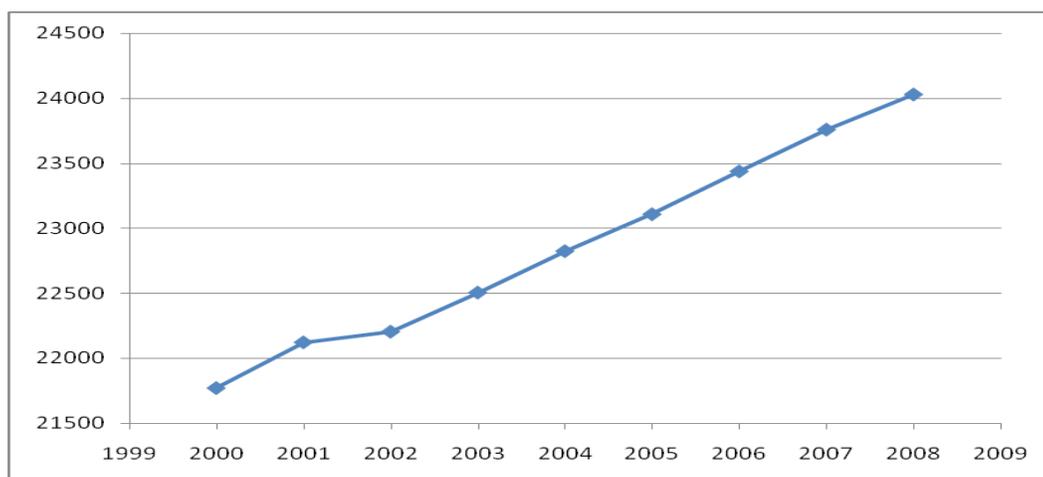
Las diversas proyecciones a realizar se basan en el crecimiento de poblaciones en años pasados.

Figura N° 9
Población censal de algunas ciudades de Guanacaste



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo.

Figura N° 10
Población pasada y presente según censos



Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo, Censos 1963, 1973, 1984, 2000 y proyecciones 2001-2008

Hay diversos tipos de metodologías para calcular la proyección de población, pero solo se utilizarán los siguientes métodos, pues se consideran adecuados para proyectar la población en estudio:

- 1) Método de comparación gráfica con algunas ciudades de la provincia de Guanacaste.
- 2) Método de crecimiento lineal.
- 3) Método de crecimiento geométrico.
- 4) Método de crecimiento logarítmico.

3.3.1 Método de comparación gráfica

El método de comparación gráfica consiste en hacer una comparación de manera gráfica de la población en estudio y de otras tres poblaciones del país con determinadas características, económicas, sociales, turísticas, ect. El método supone que la población en cuestión tiene una tendencia de crecimiento similar al promedio del crecimiento de las otras tres, después de que se haya sobrepasado el límite de la población base (último censo de la población estudiada).

Se trabaja con poblaciones de las siguientes características:

- 1) Población de la Ciudad de Nicoya: población en estudio.
- 2) Población de Nicoya: población total del cantón de Nicoya.
- 3) Población de Cañas: Ciudad de la misma región, similar en desarrollo y clima pero con un número relativamente mayor de habitantes que la ciudad de Nicoya.
- 4) Población de Liberia: ciudad más al norte del área en estudio, pero de mayor población que la ciudad de Nicoya. Esta ciudad ha crecido mucho en los últimos años, básicamente debido a la influencia del factor turismo.

El procedimiento es el siguiente:

1) Se desplaza paralelamente, hasta el último censo de la población estudiada (Ciudad de Nicoya), cada una de las curvas de crecimiento de las poblaciones de Nicoya, Cañas y Liberia. (ver figura N° 11).

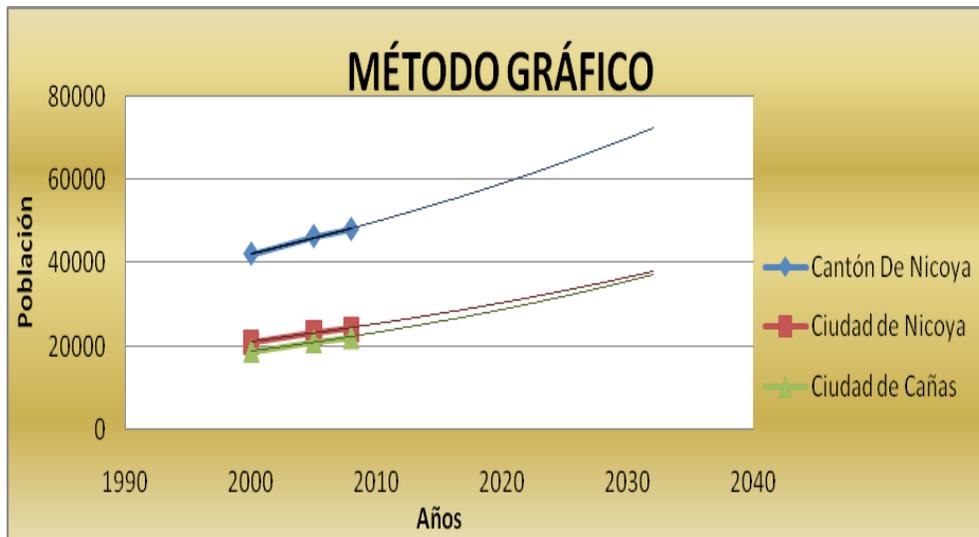
2) Se prolonga hasta el año 2033, año correspondiente al período de diseño de 25 años la última tendencia de crecimiento de las poblaciones de Nicoya, Cañas y Liberia.

Se adopta como proyección de población de la Ciudad de Nicoya el promedio de los valores de las tres curvas desplazadas y prolongadas, en cada uno de los años de interés.

A partir de la última año proyección en el 2007, se proyectan las poblaciones previendo etapas de diseño para los años 2008, 2010, 2015, 2020, 2025, 2030 y 2033. La población de la Ciudad de Nicoya es la del proyecto, cuya base es de 24 765 habitantes actuales.

Según el resultado obtenido utilizando este método de comparación gráfica, la población futura de la ciudad de Nicoya para el período de diseño de 25 años, o sea en el año 2020 será de 28 857 habitantes y para el año 2033 de 34 010 habitantes.

Figura N° 11



Fuente: La autora, enero 2009.

3.3.2 Método de crecimiento lineal

Cuando el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de ésta, el crecimiento es lineal o aritmético. Si la P es la población y T es el tiempo, entonces:

$$dP/dT = K_a$$

$$dP = K_a dT$$

Integrando entre los límites del último censo (uc) y censo inicial (ci), se tiene:

$$K_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$$

En donde:

K_a = Pendiente de la recta

P_{uc} = Población del último censo 2000

T_{uc} = Año del último censo

P_{ci} = Población del censo inicial

Tci= Año del censo inicial

Por lo tanto, la ecuación pertinente será:

$$PF = Puc + Ka (Tf - Tuc)$$

3.3.3. Método de crecimiento geométrico

El crecimiento de una población es geométrico, si el aumento de la población es proporcional al tamaño de ésta. En este caso, el patrón de crecimiento es el mismo que el de tasa compuesta, el cual se expresa así:

$$Pf = Puc (1 + r)^{Tf - Tuc}$$

$$\text{Log } Pf = \text{Log } Puc + (Tf - Tuc) \text{Log } (1 + r)$$

r = tasa de crecimiento anual

Reemplazando los valores del último censo y del censo inicial en la ecuación:

$$\text{Log } (1 + r) = \frac{\text{Log } (Puc/Pci)}{Tuc - Tci}$$

Este último valor es reemplazado en la ecuación, con el fin de determinar la proyección de la poblacional.

En donde: $\text{Log } (1 + r)$ = tasa de crecimiento anual en %

Puc = Población del último censo 2007

Tuc = Año del último censo

Pci= Población del censo inicial.

Tci= Año del censo inicial.

Por lo tanto, la ecuación será:

$$\text{Log } Pf = \text{Log } Puc + (Tf - Tuc) * \text{Log } (1 + r)$$

3.3.4. Método de crecimiento logarítmico (tasa compuesta)

Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de la siguiente ecuación:

$$dP/dT = K_g * P \quad \text{lo que implica} \quad \text{—————} \quad dP/dT = K_g * dP \quad (1)$$

Integrando la ecuación anterior entre dos periodos de tiempo cualesquiera, se tiene:

$$\ln P_2 - \ln P_1 = K_g (T_2 - T_1) \quad K_g = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad (2)$$

T_{cp} = censo posterior

T_{ca} = censo anterior

La aplicación de este método requiere del conocimiento de por lo menos tres censos.

Efectuando una integración abierta de la ecuación (1)

$$\ln P + C = K_g \text{ prom } T \quad \text{Para } T = 0 \quad \text{—————} \quad P = P_{ci}$$

$$C = -\ln P_{ci} \quad (3)$$

Reemplazando el valor promedio de K_g , obtenido de la ecuación (2) en la ecuación

(3), la proyección es:

$$\ln P_f = \ln P_{ci} + K_g \text{ prom } (T_f - T_{ci}) \quad K_g = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad (2)$$

Cuadro N° 17

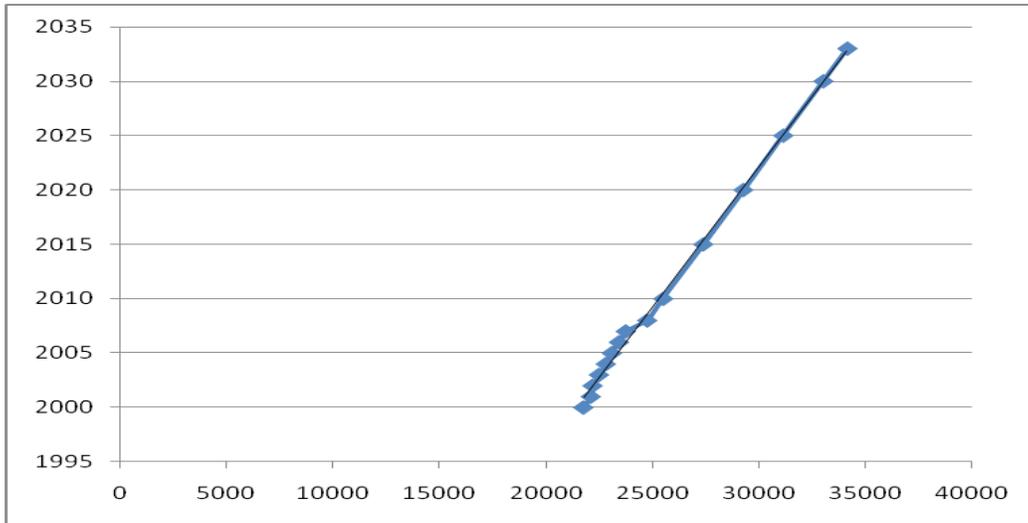
Resultados de los diferentes métodos

Año	Población	Lineal		Geometrico		Logaritmico		Gráfico
		k	Pf	r	Pf		Pf	Pf
2000	21770		21770		21770		21770	21770
2001	22122		22122	0,016	22122	0,02	22122	22122
2002	22204		22204	0,016	22204	0,00	22204	22204
2003	22505		22505	0,016	22505	0,01	22505	22505
2004	22824		22824	0,016	22824	0,01	22824	22824
2005	23108		23108	0,016	23108	0,01	23108	23108
2006	23438		23438	0,016	23438	0,01	23438	23438
2007	23759		23759	0,016	23759	0,01	23759	23759
2008	24765		24765	0,016	24765	0,04	24765	24765
		374,4		0,016		0,02		
2010			25514		25579		26590	24465
2015			27386		27732		29387	27265
2020			29258		30066		32478	28030
2025			31129		32597		35893	30565
2030			33001		35341		39668	32765
2033			34125		37098		42121	33765

Fuente: La autora, enero 2009.

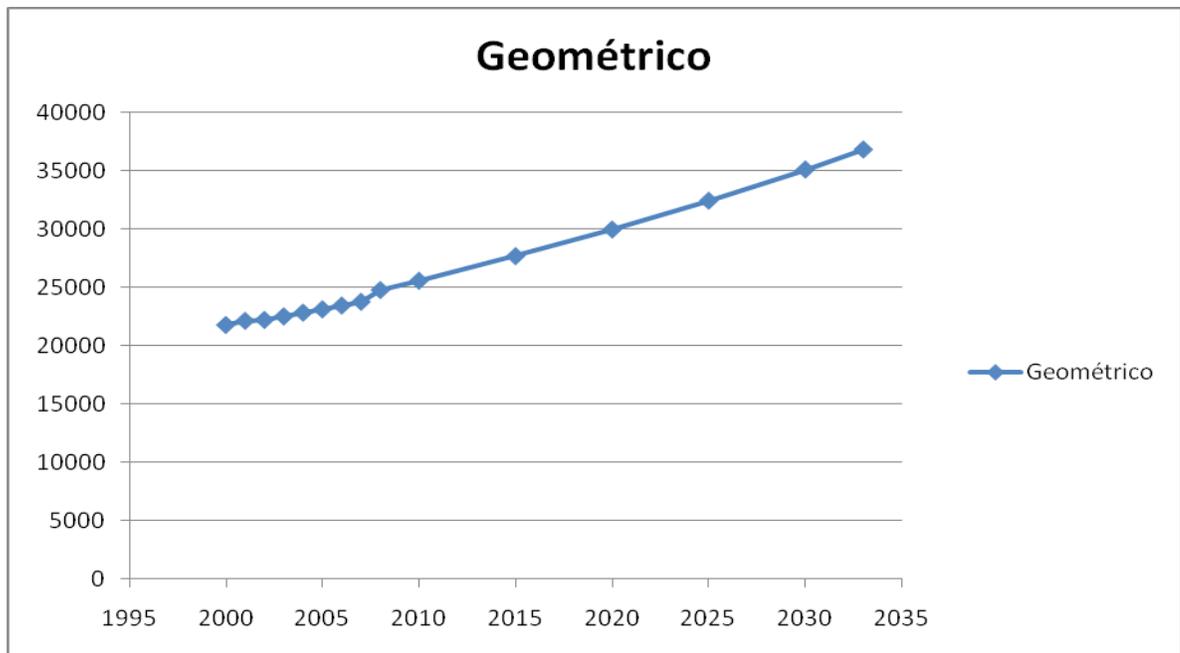
Figura N° 12

Método lineal



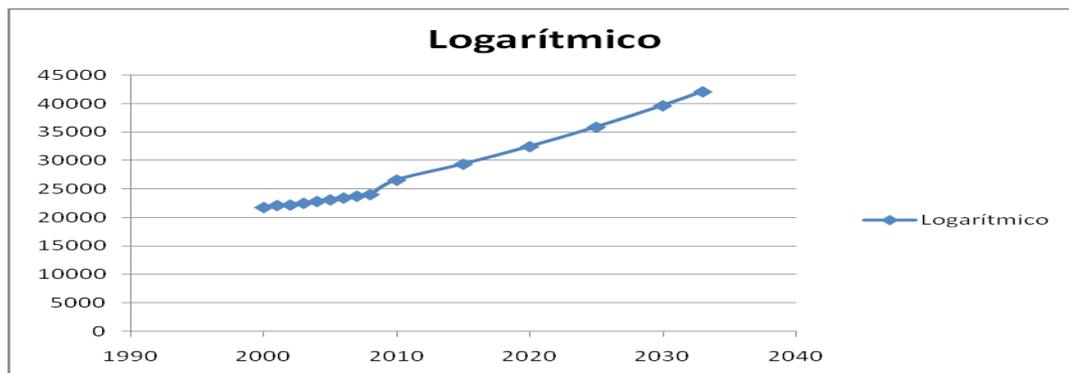
Fuente: La autora, enero 2009.

Figura N° 13



Fuente: La autora, enero 2009.

Figura N° 14



Fuente: La autora, enero 2009.

Los resultados obtenidos de las proyecciones poblacionales se indican a continuación.

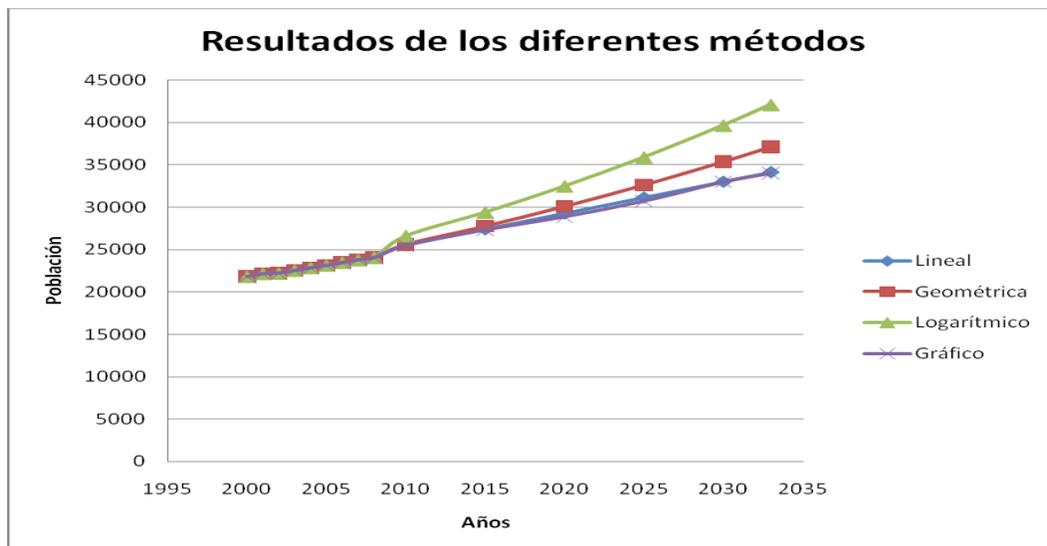
Cuadro N° 18

Resultados de las proyecciones poblacionales según diferentes métodos

	Lineal	Geométrica	Logarítmico	Gráfico
2000	21 770	21 770	21 770	21 770
2001	22 122	22 122	22 122	22 122
2002	22 204	22 204	22 204	22 204
2003	22 505	22 505	22 505	22 505
2004	22 824	22 824	22 824	22 824
2005	23 108	23 108	23 108	23 108
2006	23 438	23 438	23 438	23 438
2007	23 759	23 759	23 759	23 759
2008	24 765	24 765	24 765	24 765
2010	25 514	25 579	26 590	25 456
2015	27 386	27 732	29 387	27 311
2020	29 258	30 066	32 478	28 857
2025	31 129	32 597	35 893	30 712
2030	33 001	35 341	39 668	32 979
2033	34 125	37 098	42 121	34 010

Fuente: La autora, enero 2009.

Figura N° 15



Fuente: La autora, enero 2009.

3.5. Población Escogida

Después de analizar los resultados de los diferentes modelos matemáticos para las proyecciones de población, se determina la población futura. Para efectos del presente análisis y teniendo en cuenta que los resultados obtenidos por los diferentes métodos no difieren en mucho con respecto al resultado del promedio de todos los métodos de proyección, se opta por tomar como población de diseño los valores obtenidos del método geométrico. Tan sólo debe aplicarse a comunidades en plena dinámica de crecimiento, con grandes posibilidades de desarrollo. Para el año 2033 se tendrá una población 37 098 habitantes.

3.6. Población flotante

Se define como el contingente demográfico compuesto por aquellas personas que, aún no estando oficialmente inscritas en el censo de población, residen temporal o

permanentemente en un ámbito geográfico administrativo concreto comúnmente el municipio.

En Nicoya por ser visitado por tanta población turística pasa a incrementar el número de habitantes en verano. Por lo tanto, en la planificación de infraestructuras y servicios resulta muy importante calcular la población flotante que pueda haber en un ámbito geográfico concreto en determinado momento del año.

Son población flotante

- Los que residen permanentemente y aún no se han censado. Más los que por algún motivo no se censan o se censan en otras localidades.
- Los que se encuentran de vacaciones.
- Los que están en tránsito hacia otras localidades (aeropuertos, estaciones, puertos, etc.).
- Jornaleros y trabajadores de temporada.
- Los inmigrantes en situación administrativa irregular.

Además la mayoría de los estudios incluyen a quien trabaja en una localidad pero no reside en ella (se desplaza diariamente).

La regla aplicable para su cálculo es la siguiente: la población empadronada en la localidad se divide entre 3.9, que es el número de personas que se estima que residen en cada vivienda, para obtener así el número de viviendas utilizadas por la población habitual.

El resultado se resta al número de viviendas construidas en el municipio para conocer las utilizadas por la población estacional.

Al multiplicar el número de hogares disponibles por 3.9 resulta un cálculo fiable de la población flotante. Esta cifra se multiplica por 90 días, que es la supuesta estancia, y se

divide por los 365 días del año. El resultado es el número medio de habitantes por día en esa población.

$(24030/3.9)= 6162$ ————— viviendas utilizadas habitualmente.

$6162-5414= 748$ ————— viviendas utilizadas por la población flotante

$748 * 3.9= 2918 * 90= (268\ 020/365)= 735$ hab ————— población flotante

$24030 + 735 = 24765$ habitantes ————— Población total en el año 2008.

3.6. Población abastecida

Existen 5 442 servicios de consumo a diciembre 2008, con 3.9 personas por vivienda, se determinó que la población actual abastecida es de 24 765 habitantes, lo que representa el 85,7% de la población total estimada de la ciudad de Nicoya. Se considera que para el año 2033 se puede esperar que exista una población de diseño abastecida de 31 793 habitantes.

Cuadro N° 19

Población abastecida

Año	Geométrica distrital	Población Servida (85.7%)	Servicios	Hab / Serv
2008	24 765	21 224	5 442	3,9
2010	25 580	21 922	6 559	3,9
2015	27 733	23 767	7 112	3,9
2020	30 067	25 767	7 710	3,9
2025	32 598	27 936	8 359	3,9
2030	35 342	30 288	9 063	3,9
2033	37 098	31 793	9 513	3,9

Fuente: AyA, Registro de facturación, diciembre 2008

Cuadro N° 20

Servicios de agua potable

Tipo de Servicio	Cantidad de servicios Medidos
Domiciliar	4413
Ordinaria	345
Reproductiva	87
Preferencial	63
Gubernamental	30
No Domiciliar	504
Totales	5442

Fuente: AyA, Registro de facturación, diciembre 2008.

CAPÍTULO IV

CONSUMO Y DEMANDA DE AGUA

4.1. Consumo y demanda de agua

El objetivo de este capítulo es establecer criterios para estimar la demanda futura, se define los caudales de diseño para los diferentes elementos del sistema de abastecimiento (conducciones, impulsiones, estaciones de bombeo), caudal promedio diario, caudal máximo diario y caudal máximo horario y sus proyecciones para los años del periodo de diseño.

La demanda es el volumen total de agua que debe ingresar al sistema de distribución para satisfacer los requerimientos de los consumidores, otros usos (lavado de tuberías y tanques, por ejemplo) y desperdicios propios del sistema de distribución y dentro de las propiedades, se expresa en m^3/mes o en l/s.

La dotación neta per cápita es el volumen de agua asignado por persona para ser consumido a través de las conexiones, se expresa en lpd (litros por persona por día).

La dotación bruta per cápita es el volumen de agua asignado por persona que debe ingresar al sistema de distribución para satisfacer los requerimientos de los consumidores y otros usos, desperdicios propios del sistema de distribución y dentro de las propiedades, se expresa en lpd (litros por persona por día).

4.1.1. Factores determinantes del consumo

El consumo es el reflejo de las necesidades de agua potable requeridas en las diferentes actividades del quehacer humano. Es el volumen de agua consumido por los

abonados del sistema de distribución a través de las conexiones domiciliarias u otras, se expresa en m³/mes.

Los factores que determinan el consumo de una población son los siguientes:

- **La temperatura**

Debido a las condiciones propias de la actividad del ser humano, cuanto mayor sea la temperatura, mayor es el consumo de agua. Por ejemplo, se bebe más agua, el aseo personal es más frecuente, se emplean sistemas de aire acondicionado y el riego de jardines es intenso.

- **Calidad del agua**

Por razones lógicas, el consumo de agua es mayor en la medida en que las personas tengan la seguridad de una buena calidad de este líquido. Ello es válido para el sector doméstico, industrial y turístico.

- **Características socioeconómicas**

El consumo de agua depende también, en buena parte, del nivel de educación y del nivel de ingresos de la población. Por esta razón en ciudades desarrolladas, como las capitales de provincias y de cantón, el consumo de agua es mayor que en pueblos pequeños y caseríos.

- **Servicio de alcantarillado**

El hecho de disponer de una red de alcantarillado incrementa notablemente el consumo de agua potable, en comparación con sistemas de evacuación de excretas primarios como letrinas, o donde no existe ningún sistema y la disposición se realiza al aire libre. En estos casos extremos, el consumo puede variar desde 300 lps para grandes

metrópolis hasta 40 lps, para poblaciones sin servicios de alcantarillado, dato que es muy bajo para aplicar en Costa Rica.

- **Presión en la red de distribución de agua**

Si se tienen presiones altas en la red, se prestan mayores desperdicios en el consumo doméstico, al abrir las llaves de los lavamanos, regaderas y otros elementos. Igualmente, se puede presentar un mayor número de rupturas de tubos dentro del domicilio o en la misma red de distribución, aumentando así el volumen de agua perdida.

- **Administración**

Una administración eficiente controla mejor el consumo de agua mediante la reducción de las fugas y desperdicios y la vigilancia de las conexiones clandestinas. Para realizar esta labor anterior, se debe contar con equipos especializados, como amplificadores electrónicos de sonido o trazadores radioactivos débiles de corta vida, los cuales son muy costosos y no están al alcance de la capacidad de adquisición de todos los municipios.

- **Medidores y Tarifas**

Cuando se instala un nuevo sistema de acueducto, al principio no se colocan medidores ni se cobra por el uso del agua. Con el tiempo, el consumo se incrementa y se colocan medidores, lo que causa impacto en los consumidores, por lo que el consumo disminuye. Posteriormente, el consumo aumenta y se necesita la implantación de un sistema de tarifas para racionalizarlo el consumo de agua. Los medidores, con respecto al tiempo, pierden la precisión en contra de la empresa productora de agua, por lo que se debe analizar el estado de la calibración de estos sistemas de micromedición.

El consumo está compuesto por una serie de consumos, que en una forma general pueden agruparse en tres:

- Consumo doméstico

Comprende los consumos requeridos por casa o edificios habitacionales.

- Consumo industrial

Se refiere a los consumos de todo tipo de industria, es muy variable dependiendo del proceso de producción adoptado por ésta.

- Consumo Urbano

Está compuesto por el consumo comercial (tiendas, comercios, etc), el sector público (instituciones de educación, culturales, de servicios recreativos, limpieza de calles y otras), también se incluye el consumo de la pequeña industria.

Adicional a estos consumos se debe considerar el agua no aprovechada por presencia de fugas en la red de distribución y rebalses de tanques, caudales captados sin medición y sin conocimiento de la Institución (agua para extinguir incendios, conexiones ilícitas, errores de los micromedidores, etc), todo esto constituye la diferencia existente entre los volúmenes que ingresan al sistema y la medición de los hidrómetros.

4.1.2. Distribución de servicios por grupo tarifario

- Estructura tarifaria

La estructura tarifaria utilizada por el AyA en sus registros es la siguiente:

- Tarifa 1: Domiciliar

Comprende casa y edificios destinados exclusivamente a ser habitados.

- Tarifa 2: Ordinaria

Comprende los establecimientos privados en los que se usa el agua de manera similar a la de los domicilios, por ejemplo: pulperías, oficinas, tiendas y otros.

- Tarifa 3: Reproductiva

Cubre los abonados que utilizan el agua como elementos activo de una actividad de provecho material, incluye actividades en las cuales el agua constituye la materia prima, o interviene como elemento para elaboración de sus productos o la prestación de sus servicios, por ejemplo: cantinas, fábricas de hielo, etc.

- Tarifa 4: Preferencial

Cubre los servicios prestados a instituciones de beneficencia, educación y culto.

- Tarifa 5: Gubernamental

Comprende los servicios prestados a oficinas de gobierno e instituciones públicas.

En el cuadro N° 21 se muestra la distribución de los servicios por tarifa en el área en estudio.

Cuadro N° 21

Distribución de servicios y consumo por tarifa en el área en estudio

Tipo de Servicio	Cantidad de servicios	Volumen (m3/mes)
	Medidos	Consumo
Domiciliar	4 413	104 286
Ordinaria	345	13 806
Reproductiva	87	5 370
Preferencial	63	5 298
Gubernamental	30	1 955
No Domiciliar	504	26 430
Totales	5 442	130 716

Fuente: Base de Datos OPEN SGC del AyA, diciembre 2008

4.1.3. Consumo Actual del Sistema

- Consumo actual según análisis de facturación

El análisis de consumo requiere que existan datos actualizados, relacionados con el consumo y consumidores. Para este estudio se dispone de un registro mensual del consumo de agua potable por servicio y por tarifa.

4.1.4. Proyección de la Demanda

Se ha determinado que la cobertura del acueducto en el distrito de Nicoya es de un 85,7% y tomando en cuenta el número de servicios que cubre el sistema en la actualidad, se proyectó una demanda promedio de agua durante periodo de diseño.

La demanda futura se estima dividiéndola en tres componentes:

- Demanda domiciliar (Tarifa 1).
- Demanda No domiciliar (Tarifa 2, 3, 4 y 5).
- Demanda provocada por el agua no controlada.

La demanda supone que las condiciones actuales de servicios medidos se mantienen, es decir, no hay un programa de instalación de hidrómetros y por tanto estos no aumentan durante todo el período. En esta proyección se considera que el porcentaje de agua no controlada actual (30%) es la misma en todo el periodo.

4.1.5. Análisis

En la Ciudad de Nicoya existe un alto desperdicio de agua potable, originada por:

1. Fugas

- a. En la red de distribución (poco probable).

b. En las instalaciones domiciliarias (muy probable).

2. Malos hábitos de consumo.

Hasta el presente, las mejoras y ampliaciones de los sistemas se han efectuado cuando los acueductos muestran problemas de abastecimiento, el criterio es aumentar la producción, sin evaluar otros factores tales como: desperdicio, medición y tarifas.

Lo único que se ha logrado es que lo sistemas mejorados vuelvan a su condición anterior, y en poco tiempo deban operar a máxima capacidad y continúa dando un servicio ineficiente.

Para racionalizar el uso del agua, actual y futuro, se debe:



Cuadro N° 22

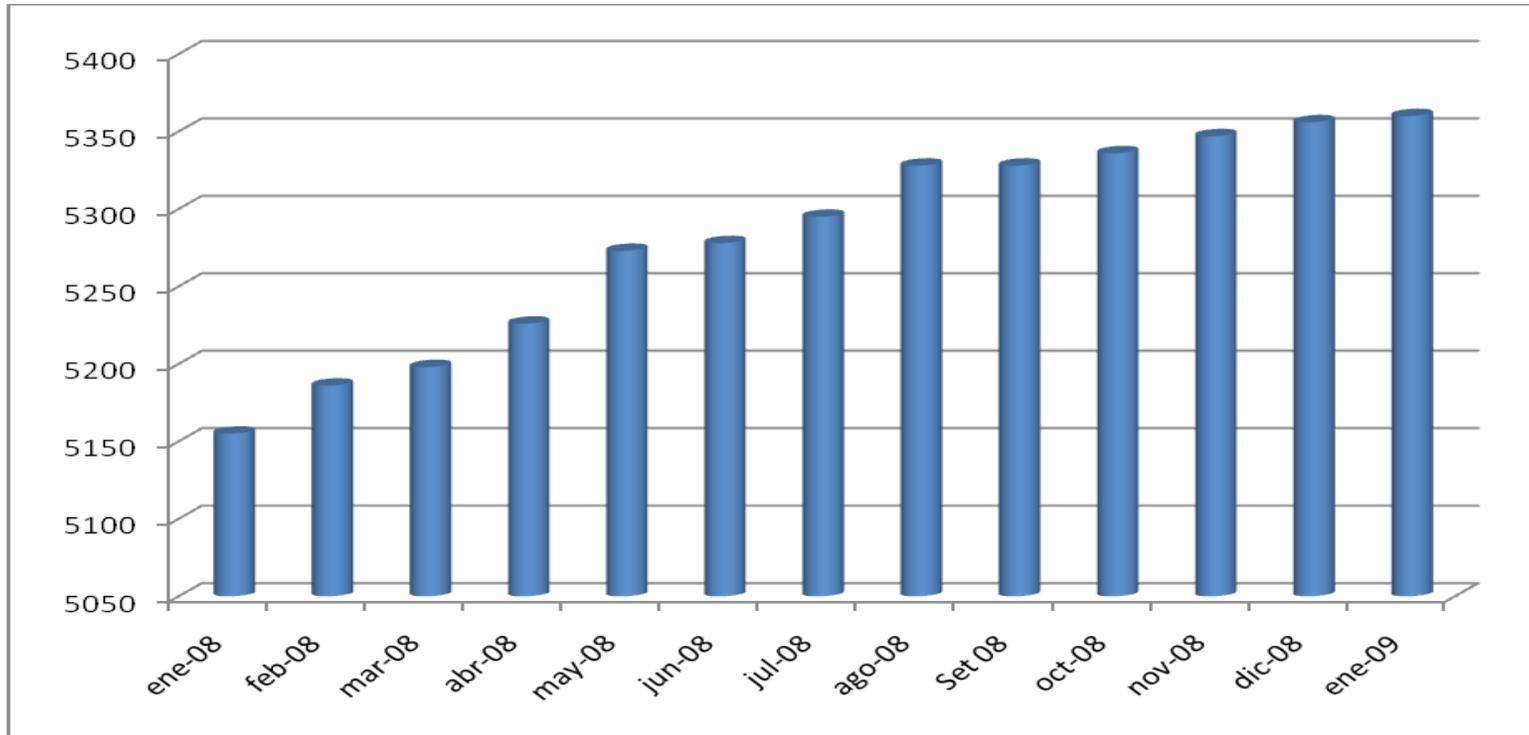
Variación de consumo mensual, Acueducto de Nicoya

Mes	Medidos	Fijos	Total	Consumo	Cons/mes serv
Enero 2008	5 155	0	5 155	124 118	24,08
Febrero 2008	5 186	0	5 186	119 555	23,05
Marzo 2008	5 198	0	5 198	217 205	41,79
Abril 2008	5 226	0	5 226	123 064	23,55
Mayo 2008	5 273	0	5 273	120 461	22,84
Junio 2008	5 278	0	5 278	110 774	20,99
Julio 2008	5 295	0	5 295	105 459	19,92
Agosto 2008	5 328	0	5 328	117 628	22,08
Setiembre 2008	5 328	0	53 28	213 292	40,03
Octubre 2008	5 336	0	5 336	100 789	18,89
Noviembre 2008	5 347	0	5 347	113 456	21,22
Diciembre 2008	5 356	0	5 356	106 065	19,80
Enero 2009	5 360	0	5 360	127 438	23,78
Total	68 666	0	68 666	1 699 304	322,01
Promedio	5 442	0	5 442	130 715,69	24,77

Fuente: La autora febrero 2009

Figura N° 16

Variación de consumo mensual, Nicoya



Fuente: La autora, febrero 2009

Cuadro N° 23

Consumo mensual promedio

Categoría	Cantidad	Unidad
Consumo Mensual Promedio	130 715,69	m ³ / mes
Consumo / mes / servicio	24,22	m ³ / mes / serv
Habitantes / servicio	3,9	personas
Volumen Producido	135 613,8	m ³
Volumen Facturado	130 715,69	m ³
Hidrómetros	5 442	unidades
Hidrómetros Parados	0	unidades

Fuente: La autora, febrero 2009

Cuadro N° 24

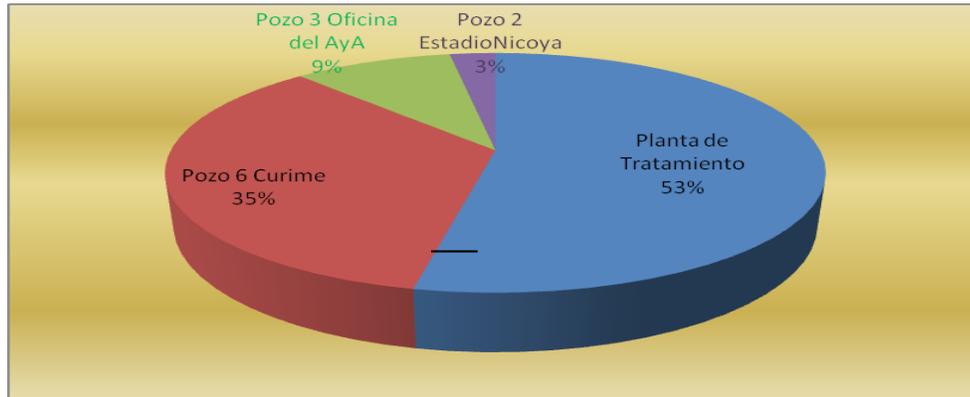
Volumen promedio producido

Fuentes de Producción	Año 2008	
	l / s	m ³ / mes
Planta de Tratamiento	27,89	72 296
Pozo 6 Curime	18,15	47 045,04
Pozo 3 Oficina del AyA	4,88	12 654
Pozo 2 Estadio de Nicoya	1,39	3 618,75
Total	52,32	135 613,8

Fuente: Mediciones efectuadas por el Dpto. Desarrollo Físico febrero 2009.

Figura N° 17

Fuentes de producción acueducto de Nicoya



Fuente: Mediciones efectuadas por el Dpto. Desarrollo Físico febrero 2009.

4.1.6. Caudales de Diseño

Con el fin de diseñar las estructuras del acueducto, es necesario calcular el caudal de diseño en el periodo horizontal del proyecto, el cual debe combinar las necesidades de la población de diseño y los costos de la construcción de un acueducto. Se diseña con los siguientes tres tipos de caudales.

1. Caudal promedio diario.
2. Caudal máximo diario.
3. Caudal máximo horario.

4.1.7. Caudal promedio diario

Es el caudal obtenido en un año de registros y constituye la base para la estimación del caudal máximo diario y del máximo horario. A partir de las proyecciones de población

servida y la dotación, es posible calcular las demandas promedios, tanto actual como sus proyecciones, este caudal expresado en litros por segundo se obtiene así:

$$Q \text{ promedio} = \frac{\text{Dotación (l/hab.d)} \times \text{Población (hab)}}{86400}$$

Los resultados para cada año con su respectiva población servida y dotación se muestran en el cuadro N° 25.

Cuadro N° 25

Proyección De Demandas Promedio

Año	Proyección Poblacional	Poblacion Servida (85.7%)	Servicios	Hab / Serv
2008	24 765	21 224	5 442	3,9
2010	25 580	21 922	6 559	3,9
2015	27 733	23 767	7 112	3,9
2020	30 067	25 767	7 710	3,9
2025	32 598	27 936	8 359	3,9
2030	35 342	30 288	9 063	3,9
2033	37 098	31 793	9 513	3,9

Fuente el autor: febrero 2009

• Caudal máximo diario

Representa el día de mayor consumo en el año y se calcula según la siguiente expresión, utilizando un factor diario FMD = 1.2. Las Normas para Diseño de Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, establecen en el Capítulo 2, que el caudal máximo diario es de 1.1 a 1.3 veces el caudal promedio diario. En este trabajo se empleará:

$$Q \text{ máximo diario} = 1.2 \times Q \text{ promedio.}$$

- Caudal máximo horario

Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. Las Normas para Diseño de Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, establecen en el Capítulo 2 que el caudal máximo horario es igual de 1.6 a 2.0 veces el caudal promedio diario. En este trabajo, en general se determina como:

$$Q \text{ máximo diario: } 1.8 \times Q \text{ promedio}$$

4.1.8. Agua no controlada

El agua no controlada se manifiesta como la diferencia entre lo producido y lo facturado. El agua no controlada se expresa como un porcentaje de la cantidad total que ingresa al sistema.

El caudal producido por el sistema durante el mes de diciembre de 2008 es de 52,32 l/s.

El agua no controlada es calculada mediante la siguiente relación:

$$\%ANC = \frac{\text{Vol producido} - (\text{Vol facturado} + (\text{Cons.mens.promedio} * \text{serv fijos domici}))}{\text{Vol producido}} * 100$$

4.1.9. Parámetros de Diseño

- Dotación domiciliar (D):

$$D = \frac{\text{CMS} * 1000}{30 * \text{Hab/servicio}}$$

$$\text{CMS} = \frac{\text{Vol domiciliario medido mensual}}{\text{Nº servicios domiciliarios medidos}}$$

- Dotación domiciliar medida (ND):

$$\text{ND} = \frac{\text{Nº servicios no domiciliarios}}{\text{Nº servicios domiciliarios}} * D$$

Exceso de servicios fijos (EP)  En Nicoya no hay servicios fijos.

- Agua No controlada (ANC):

$$\frac{(D+ND+EF)*ANC}{100}$$

Cuadro N° 26

Determinación de dotación, demanda promedio y caudales

	Año	2008
1. Dotación Domiciliar medida (D)	CMS	24
	D	207
2. Dotación No Domiciliar medida (ND)	ND	36
3. Exceso de servicios fijos (EF)	% Med	100
	EF	0,000
4. Agua No Controlada (ANC)	% ANC	0,0361
	% ANC*	0,037
	ANC	9,08
DOTACIÓN TOTAL	lppd	252
Demanda promedio	Demanda Promedio = Dotación * Población / 86400 (1 / s)	62
Caudal Máx Diario Promedio FMD: 1.2	Demanda Máxima Diaria (1 / s)	74
Caudal Máx Horario Promedio FMH: 1.5	Demanda Máxima Horaria (1 / s)	111

Fuente: La autora, febrero 2009.

La dotación obtenida para este sistema, es muy baja, considerando que se trata de una zona caliente. El valor del agua no controlada de 9.08% puede no ser real, ya que lo que refleja es un faltante de agua en el sistema.

Debido a esta situación se realizó un análisis más detallado, que consiste en obtener una dotación por mes, de acuerdo con los datos de producción mensual reportados por la región, y los datos de facturación correspondientes a esos meses, se asume un sistema sin interrupciones. Los resultados se muestran en la tabla de dotaciones por mes para el año 2008.

Cuadro N° 27

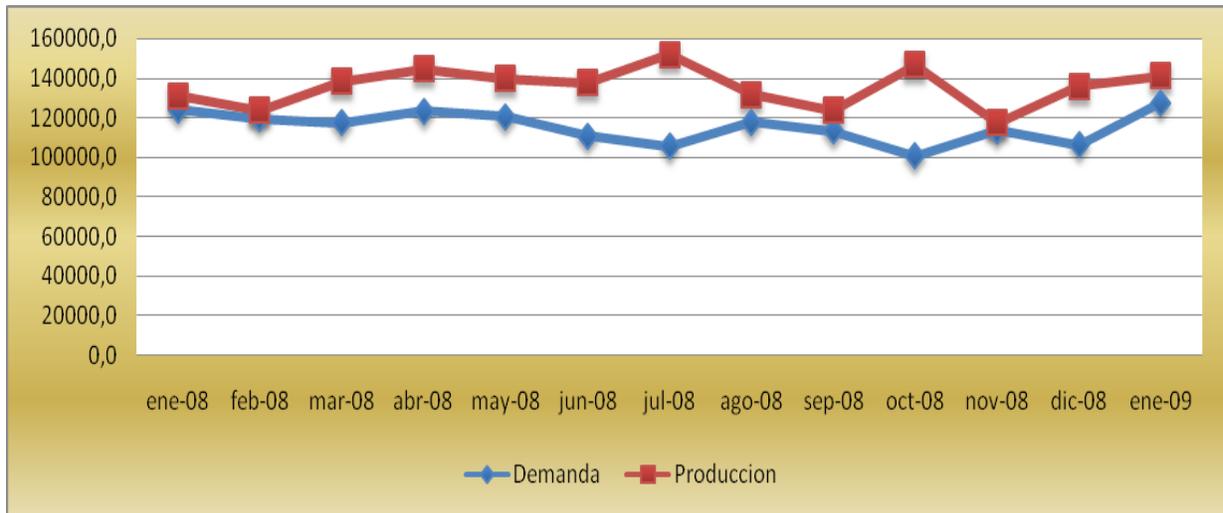
Determinación de la dotación por mes para el año 2008, Acueducto de Nicoya.

	Producción	Demanda	Dotacion (con interrupciones)	Dotación 24 horas (sin interrupciones)
Ene-08	131 020.60	124 118	241.61	266.16
Feb-08	123 526	119 555	226.26	248.92
Mar-08	138 182	117 205	252.57	278.42
Abr-08	144 598	123 064	262.89	290.13
May-08	139 803	120 461	252.10	281.86
Jun-08	137 655	110 774	248.48	274.01
Jul-08	151 910	105 459	273.41	301.49
Ago-08	131 802	117 628	235.71	259.95
Sep-08	123 479	113 292	220.74	243.18
Oct-08	146 616	100 789	261.52	288.62
Nov-08	117 482	113 456	208.94	229.95
Dic-08	135 836	106 065	241.23	266.01
Ene-09	141 069.80	127 438	250.14	276.00
Promedio	135 613.80	115 331	244.28	269.59

Fuente el autor: febrero 2009.

Figura N° 18

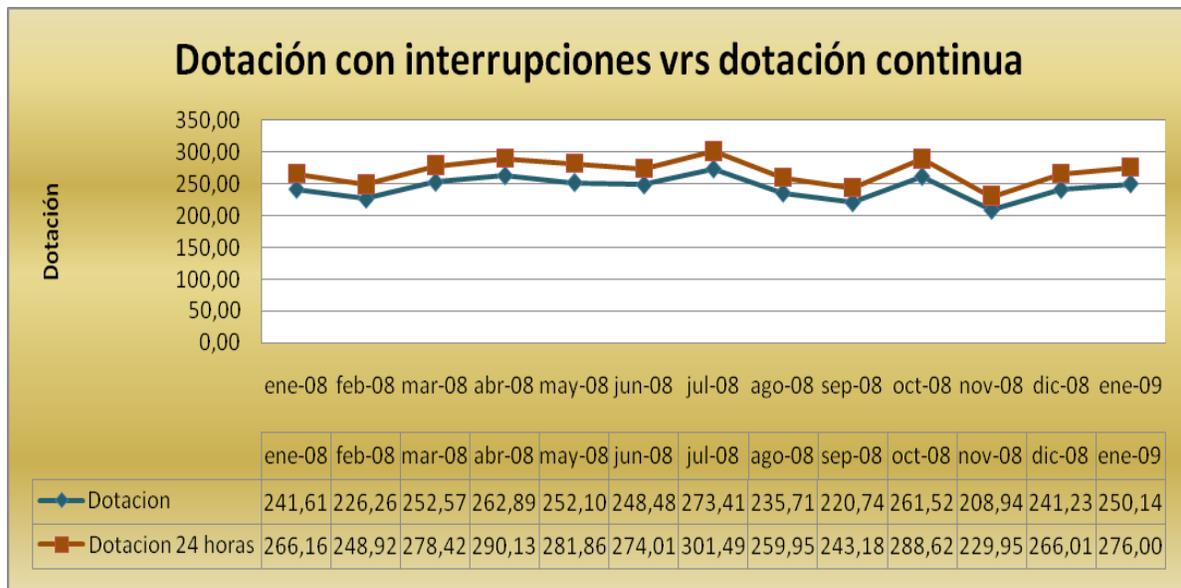
Producciones y demandas proyectadas para cada mes



Fuente: La autora, febrero 2009

Figura N° 19

Producciones y demandas proyectadas por mes



Fuente: La autora, febrero 2009

Al analizar el resultado del cuadro N° 28, se encuentra el valor más real de dotación, tomando en cuenta que no está condicionada por la producción de las fuentes. Se eligió la dotación del mes de julio.

Al obtener un valor de dotación no condicionado por la producción de agua disponible, se realizó de nuevo la proyección de dotaciones hasta el final del periodo de diseño tomando como dotación de arranque la del mes de julio, de esta forma el balance hídrico presenta resultados más reales. Se presentan fluctuaciones de demanda entre los diferentes meses para un mismo año, esta variación se ha hecho con base en las diferencias de consumo facturado por mes, obtenido de la información comercial, con el fin de poder escoger una dotación que cubra las fluctuaciones mensuales.

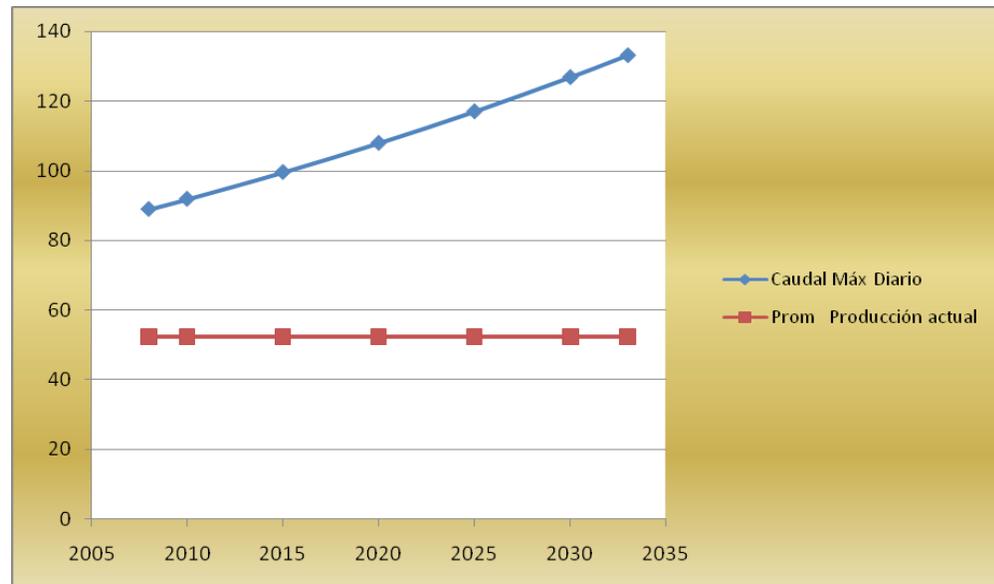
Cuadro N° 28

Cálculo dotación, caudal promedio, caudal máximo diario y máximo horario

Determinación de la Dotación	Año	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2033
1. Dotación Domiciliar medida (D)	CMS	20,82	20,82	20,82	20,82	20,82	20,82	20,82
	D	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93	177,93
2. Dotación No Domiciliar medida (ND)	ND	32,30	32,30	32,30	32,30	32,30	32,30	32,30
3. Exceso de servicios fijos (EF)	% Med	100	100	100	100	100	100	100
	EF	0	0	0	0	0	0	0
4. Agua No Controlada (ANC)	% ANC	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	% ANC*	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
	ANC	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26	91,26
DOTACIÓN TOTAL	lppd	301,49	301,49	301,49	301,49	301,49	301,49	301,49
Demanda promedio	Dem Prom= Dot*Pobl/86400 (l/s)	74,06	76,50	82,94	89,92	97,48	105,69	110,94
Caudal Máx Diario Prom FMD: 1.2	Dem Máx Diaria (l/s)	88,87	91,80	99,52	107,90	116,98	126,83	133,13
Caudal Máx Horario Prom FMH: 1.8	Dem Máx Hor (l/s)	133,31	137,70	149,28	161,85	175,47	190,24	199,70

Fuente: La autora

Figura N° 20
Curva oferta - demanda



Fuente: La autora, febrero 2009.

Como se observa en la figura N° 20 la oferta es menor que la demanda, lo cual proyecta la falta de agua en el presente y futuro en la ciudad de Nicoya.

4.1.10. Criterio para el cálculo del caudal de incendio

Las Normas del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados utiliza el siguiente criterio para calcular el caudal de incendio:

Los caudales de incendio requeridos en el área en estudio se muestran en el cuadro N° 29.

Cuadro N° 29

Caudales de incendio

Tamaño de la Población	Hidrantes Operando Simultáneamente	Caudal de Incendio (l/s)
5 000 a 15 000	1	8
15 000 a 30 000	2	16
30 000 a 60 000	3	24
60 000 a 120 000	5	40
120000 a 200 000	6	48
200 000 a 300 000	8	64

Fuente: Las Normas para Diseño de Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

4.1.11. Cálculo del Caudal Coincidente

$$Q \text{ consumo coincidente} = QMD + Q \text{ incendio}$$

Cuadro N° 30

Valores de los caudales de consumo coincidente y máximo horario

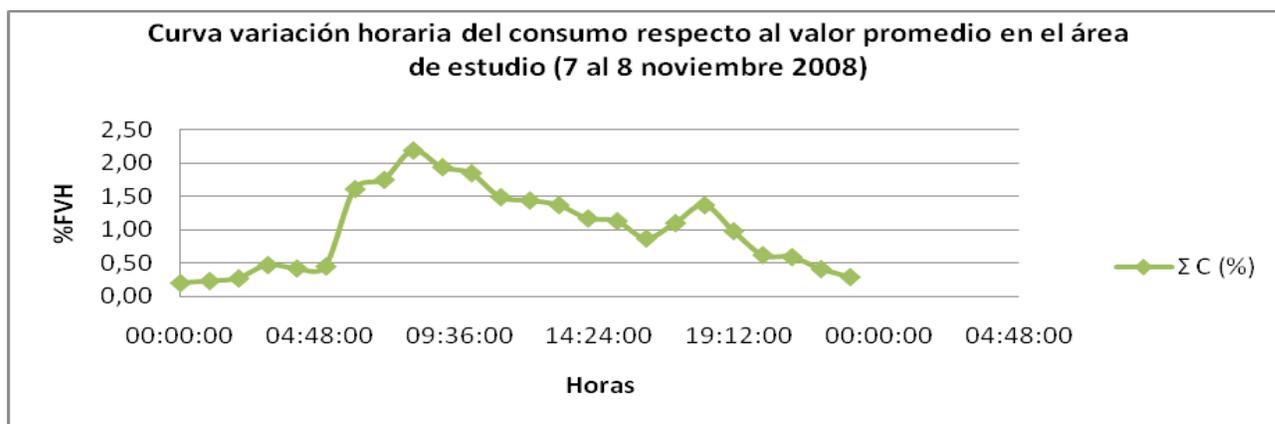
Año	Población Servida (85.7%)	Dotación (lpd)	QMD l/s	Q incendio l/s	Q coincidencia l/s
2008	24 765	301.49	88.87	24	110.23
2010	21110	301.49	88.39	24	112.39
2015	22455	301.49	94.04	24	118.04
2020	23885	301.49	100.01	24	124.01
2025	25406	301.49	106.38	24	130.38
2030	27025	301.49	113.16	24	137.16
2033	37 098	301.49	133.13	24	141.44

Fuente: La autora, febrero2009.

4.1.12. Curva de demanda del sistema

A través de mediciones de demanda realizadas a la salida de los pozos, tanque y planta de tratamiento, se obtuvo la curva de demanda o de variación horaria (figura N° 21). Esta curva presenta un comportamiento bastante típico, con tres picos de demanda a las 9:00 am, a la 1:00 pm y otro a las 7:00 pm, aproximadamente.

Figura N° 21



4.1.13. Tanques de almacenamiento

El tanque de almacenamiento debe tener capacidad suficiente para almacenar agua con los propósitos de:

- a) compensar las fluctuaciones horarias del consumo
- b) combatir incendios
- c) suplir agua en caso de interrupciones del abastecimiento matriz.

- **Volumen de regulación del consumo**

Es el volumen requerido para compensar las fluctuaciones horarias del consumo se determinó empleando la curva del consumo real (figura N° 21 y cuadro N° 31).

- **Volumen de reserva para incendios**

Este volumen corresponde a la cantidad de agua necesaria para suministrar los flujos requeridos para combatir incendios, durante el tiempo que éste dure. La duración de cada incendio se estima de acuerdo con el cuadro N° 32, el cual indica su volumen.

- **Volumen de reserva para interrupciones**

Este volumen en el servicio debe ser como mínimo, el volumen que corresponde a un período de cuatro horas del caudal promedio diario.

Cuadro N° 31

Variación horario del consumo acueducto Nicoya

Fuente: La autora

Hora	%FVH	Demanda % Vol diario	ΣC (%)	S(%)	ΣS (%)	$\Delta(S-C)$	$\Sigma\Delta(S-C)$	V(%)
00:00:00	0.20	0.00%	0.00%	4.17%	4.17%	0.04	0.04	0.12
01:00:00	0.23	0.96%	0.96%	4.17%	8.34%	0.03	0.07	0.15
02:00:00	0.27	1.13%	2.08%	4.17%	12.51%	0.03	0.10	0.18
03:00:00	0.47	1.96%	4.04%	4.17%	16.67%	0.02	0.13	0.20
04:00:00	0.42	1.75%	5.79%	4.17%	20.84%	0.02	0.15	0.23
05:00:00	0.45	1.88%	7.67%	4.17%	25.01%	0.02	0.17	0.25
06:00:00	1.61	6.71%	14.37%	4.17%	29.18%	-0.03	0.15	0.22
07:00:00	1.75	7.29%	21.67%	4.17%	33.35%	-0.03	0.12	0.19
08:00:00	2.19	9.13%	30.79%	4.17%	37.52%	-0.05	0.07	0.14
09:00:00	1.94	8.08%	38.87%	4.17%	41.68%	-0.04	0.03	0.10
10:00:00	1.85	7.71%	46.58%	4.17%	45.85%	-0.04	-0.01	0.07
11:00:00	1.49	6.21%	52.79%	4.17%	50.02%	-0.02	-0.03	0.05
12:00:00	1.44	6.00%	58.79%	4.17%	54.19%	-0.02	-0.05	0.03
13:00:00	1.37	5.71%	64.50%	4.17%	58.36%	-0.02	-0.06	0.01
14:00:00	1.17	4.88%	69.38%	4.17%	62.53%	-0.01	-0.07	0.01
15:00:00	1.13	4.71%	74.08%	4.17%	66.69%	-0.01	-0.07	0.00
16:00:00	0.87	3.63%	77.71%	4.17%	70.86%	0.01	-0.07	0.01
17:00:00	1.10	4.58%	82.29%	4.17%	75.03%	0.00	-0.07	0.00
18:00:00	1.37	5.71%	88.00%	4.17%	79.20%	-0.02	-0.09	0
19:00:00	0.98	4.08%	92.08%	4.17%	83.37%	0.00	-0.09	0.00
20:00:00	0.62	2.58%	94.67%	4.17%	87.54%	0.02	-0.07	0.02
21:00:00	0.59	2.46%	97.12%	4.17%	91.70%	0.02	-0.05	0.03
22:00:00	0.41	1.71%	98.83%	4.17%	95.87%	0.02	-0.03	0.06
23:00:00	0.29	1.21%	100.04%	4.17%	100.04%	0.03	0.00	0.09

Cuadro N° 32
Volumen de almacenamiento para incendios

Tamaño de la Población	Caudal de Incendio (l/s)	Duración del incendio (horas)	Volumen del almacenamiento (m ³)
5 000 a 15 000	8	3	90
15 000 a 30 000	16	3	170
30 000 a 60 000	24	3	260
60 000 a 120 000	40	4	580
120000 a 200 000	48	4	690
200 000 a 300 000	64	4	920

Fuente: Las Normas para Diseño de Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Cuadro N° 33
Volumen de almacenamiento

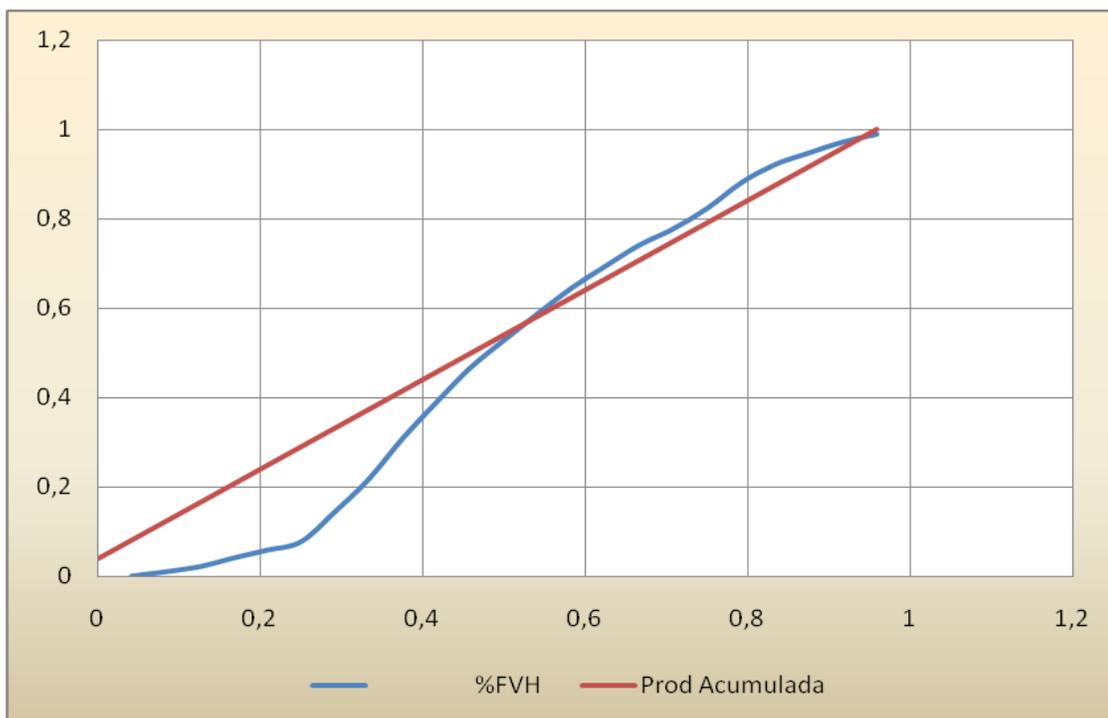
Año	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2033
1) Volúmen prom diario							
m ³	6398,78	6609,6	7166	7769	8422	9131,6	11502
Volumen Regulación Consumo							
% Q prom	25%	25%	25%	25%	25%	25%	25%
m ³	1599,7	1652,4	1791,5	1942	2106	2282,9	2875,6
2) Volúmen para incendio							
Q incendio 24 l/s durante 3 hrs	24	24	24	24	24	24	24
m ³	260	260	260	260	260	260	260
3) Volúmen por interrupciones							
m ³	464,93	278,1	512,88	550,6	591,4	635,73	738,9
Volúmen total	2324,63	2190,5	2564,4	2753	2957	3178,6	3874,5
Volúmen actual	675	675	675	675	675	675	675
Déficit	-1649,6	-1516	-1889,4	-2078	-2282	-2504	-3200

Fuente: La autora

Según las demandas ya determinadas para el periodo de diseño, se obtuvo los volúmenes de almacenamiento requeridos por el sistema para los diferentes años, se han considerado las condiciones de variación horaria obtenidas de la curva de demanda media para el sector, presentada en el figura N° 21, a partir de éste se obtuvo la curva masa que determina el porcentaje de almacenamiento por fluctuaciones, y según se observa en figura N° 22. El cuadro N° 33 muestra los resultados.

Figura N° 22

Curva masa demanda abastecimiento



4.2. Análisis del acuífero de las cuencas altas de los ríos potrero-caimital

El acuífero Potrero – Caimital está localizado en un valle intermontano formado por los ríos Potrero y Caimital, ocho kilómetros al Sur de Nicoya, en el cual se encuentran asentadas las poblaciones Casitas, Hondores, Dulce Nombre, Curime, Caimital, Caimitalito y Gamalotal.

Este acuífero es de gran importancia para el desarrollo socioeconómico, no solo de las comunidades que se asientan en las cuencas de los ríos Potrero y Caimital, sino también, para las ciudades de Nicoya y Hojancha, dado que en dichas cuencas se encuentran las principales fuentes que abastecen de agua potable a dichas ciudades.

Además este acuífero es la fuente de mayor potencial hídrico en los alrededores de la ciudad de Nicoya, por lo cual, el definir las actividades potenciales por desarrollar en los suelos que conforman el sistema acuífero es de gran importancia para la protección y preservación de la calidad de sus aguas.

El río Potrero corre hacia el NE, es un afluente del Río Grande que aguas abajo cambia su nombre a río Morote, antes de desembocar en el estero Morote en el Golfo de Nicoya.

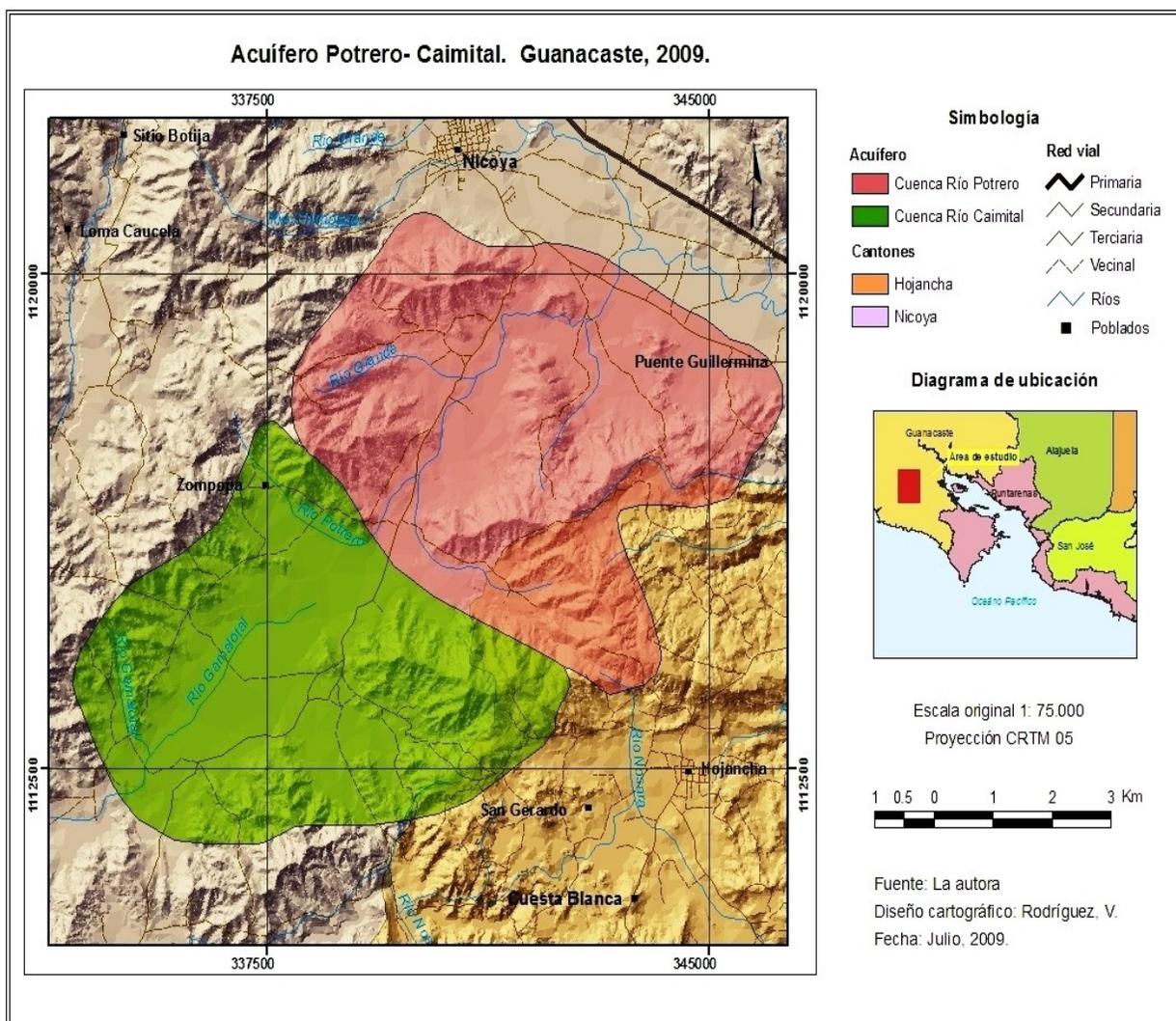
El río Caimital corre hacia el SO, en dirección opuesta al río Potrero, aguas abajo cambia su nombre a río Gamalotal, afluente del río Quirimán, que luego cambia su nombre a río Nosara antes de desembocar al Océano Pacífico en Playa Nosara.

El área de las cuencas altas de esos ríos, definida en éste estudio, es de aproximadamente 63 Km², corresponde 34 Km² a la cuenca del río Potrero hasta la toma de agua del AyA para el acueducto de Nicoya a la altura del poblado de Casitas, donde se inicia el valle del Río Grande; y 29 Km² a la cuenca del río Caimital hasta la garganta

formada por el Cerro Divisadero en su margen derecha y el Cerro Colegallal en su margen izquierda, punto a partir del cual el valle coluvio aluvial se estrecha significativamente.

Figura N° 23

Acuífero Potrero y Caimital

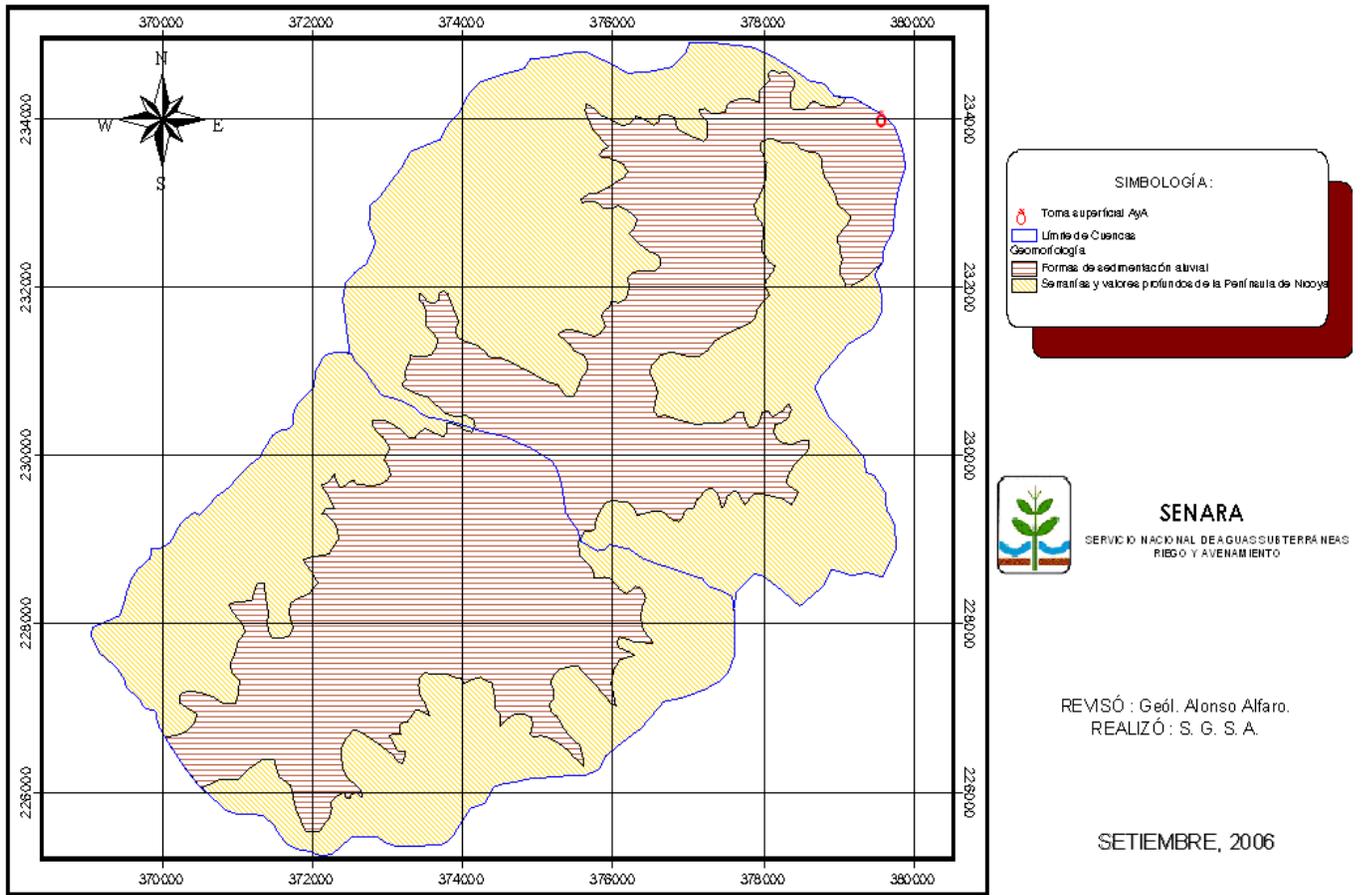


4.2.1. Geomorfología de las cuencas altas de los ríos Potrero y Caimital (CARPoCa)

En la parte interior y más baja de las cuencas existe un valle coluvio aluvial intermontano, elongado, con su eje mayor con dirección NE – SO, flanqueado de cerros de alta pendiente y cauces angostos.

En el área de la CARPoCa se hallan dos unidades geomorfológicas correspondientes a formas de denudación y formas de sedimentación coluvio aluvial.

Figura N° 24
 GEOMORFOLOGÍA R. POTRERO y R. CAIMITAL



REVISÓ : Geól. Alonso Alfaro.
 REALIZÓ : S. G. S. A.

SETIEMBRE, 2006

4.2.2. Formas de denudación, de origen ígneo



Esta unidad geomorfológica la constituyen las rocas del Complejo de Nicoya (intrusivos gábricos, basaltos y radiolaritas), afectadas por erosión, por lo que estas unidades se encuentran en un estado de denudación extrema.

Estas formas se consideran entre las más viejas del país y su inicio corresponde a finales del Cretácico Superior y Terciario.

En el área en estudio, estas rocas conforman la divisoria y laderas internas del valle de los cerros La Cruz, Zompopa, Brujo y Divisadero por el NO de la CARPoCa; y los cerros Grande, Varillal, Molinillo, Fila Caballos y Colegalla, por el SE.

4.2.3. Formas de sedimentación aluvial

- Conos coluvio aluviales

Son áreas de depósitos de ladera que por acción de la precipitación se esparcen en las partes bajas vecinas.

En la zona en estudio presentan un cambio de pendiente que es mayor al pie de la ladera (5 al 20 %) y disminuye (< 5 %) hacia el centro de la unidad. En términos generales, puede considerarse que esta unidad es de ondulada a plana.

El tipo de roca es coluvial al pie del monte y posiblemente aluvial hacia el centro del valle, pero el origen de las fracciones presenta una predominancia de rocas basálticas y afines.

Estas formas se originan por el desprendimiento de fracciones de los cerros que rodean el valle por efecto de la gravedad y facilitada por la erosión laminar de la escorrentía superficial durante la época lluviosa. De esta manera se va formando un cúmulo al pie de las laderas que en algunos casos adquiere el aspecto de un cono con el vértice arriba de la ladera.

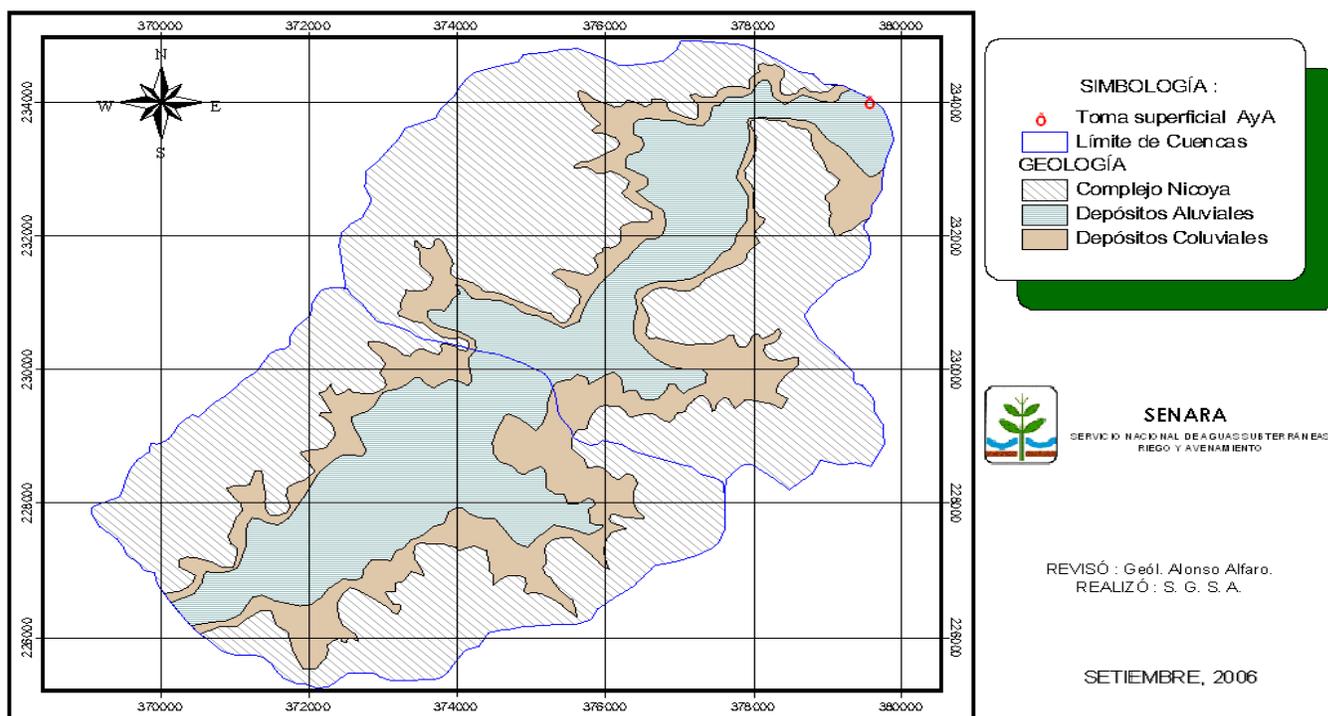
El espesor de estos depósitos es variable. En las cercanías de las laderas de los cerros puede ser de unos pocos metros y en el centro del valle se han medido espesores por litologías de pozos de hasta 40 metros antes de llegar a las rocas del basamento formado por basaltos del Complejo de Nicoya.

4.2.4. Geología las cuencas altas de los ríos Potrero y Caimital (CARPoCa)

En el área de la CARPoCa se hallan rocas del Complejo Ofiolítico de Nicoya compuestos de basaltos, radiolaritas e intrusivos gabroides del Jurásico Temprano (pre Campaniano) al Cretácico Superior, y depósitos coluvio aluviales del Cuaternario.

Figura N°25

GEOLOGÍA R. POTRERO y R. CAIMITAL



4.2.5. Suelos y uso de la tierra

ESCALA GRÁFICA :

0 3 6 Kilometers

En hidrogeología los suelos son muy importantes debido a que constituyen la limitante principal en la recarga del acuífero que depende en buena medida de su capacidad de infiltración (Fc). La capacidad de infiltración básica de los suelos es similar a su permeabilidad.

4.2.6. Inventario de pozos en la CARPoCA

El inventario de pozos en la cuenca alta de los ríos Potrero y Caimital se elaboró con el fin de obtener las características de los acuíferos existentes en la Cuenca, cuantificar en lo posible, la extracción de aguas subterráneas.

En la CARPoCA se inventariaron 66 pozos, de los cuales solo 50 están registrados en el SENARA y 25 en el departamento de aguas del MINAE (5 de ellos con concesión vigente y el resto en estudio), en el AyA hay 8 de los 12 pozos de abastecimiento público registrados y 8 no se encuentran registrados.

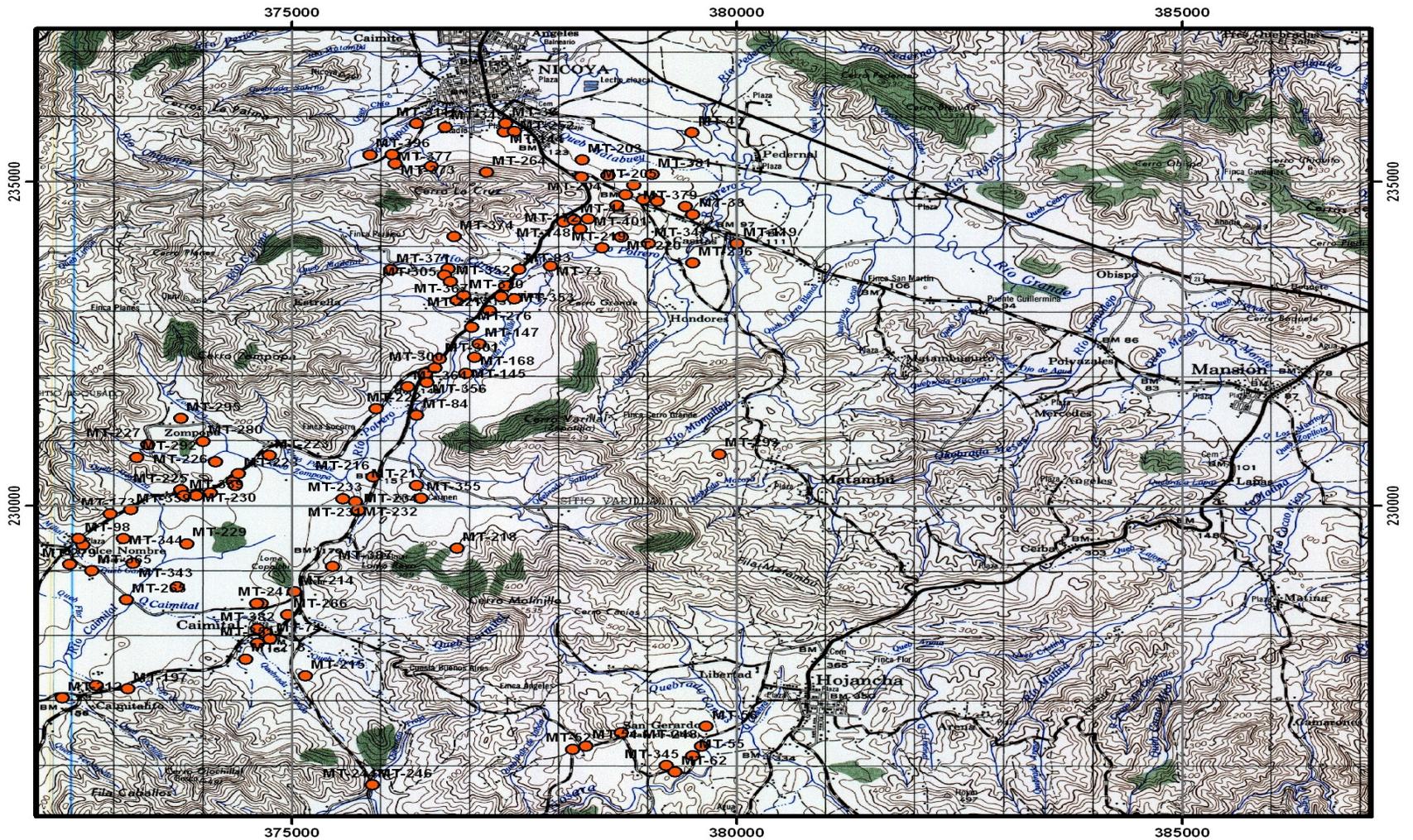
Cuadro N° 34
Registro de pozos en CARPoCa

INSTITUCIÓN		N° Pozos
SENARA		50
MINAE	Con concesión	5
	En estudio	20
AYA		8
Sin Registro		8

Fuente: Losilla, M., M.Sc., Agudelo, C., M.Sc. Rendimiento Seguro Y Susceptibilidad A La Contaminación Del Acuífero Coluvio Aluvial De Las Cuencas Altas De Los Ríos Potrero Y Caimital, Nicoya, Guanacaste, C.R.

Figura N° 26

Inventario pozos acuífero Potrero-Caimita



4.2.7. Usos

Las aguas subterráneas extraídas en el área de la CARPoCa son utilizadas principalmente con fines de abastecimiento público y riego, aunque también se tiene explotación en menor escala, para usos domésticos y animal.

Cuadro N° 35

Usos del agua subterránea en la CARPOCA

USOS	N° total de pozos	Caudal de extracción anual (m ³)
Abastecimiento público		
- Acueductos Rurales (Curime, Caimital, Dulce Nombre, Caimitalito, La Fortuna y Hondores)		265923
- AyA (Nicoya y Hojancha)		932402
Riego	18	632019
Otros (doméstico, industrial, abrevadero, investigación)	36	21672
Total de pozos en CARPoCa	66	1852016

Fuente: Losilla, M., M.Sc., Agudelo, C., M.Sc. Rendimiento Seguro Y Susceptibilidad A La Contaminación Del Acuífero Coluvio Aluvial De Las Cuencas Altas De Los Ríos Potrero Y Caimital, Nicoya, Guanacaste, C.R.

En el área del las CARPoCa hay 6 sistemas de acueducto rural, abastecidos por 6 pozos. Las comunidades abastecidas son: Curime, Caimital, Caimitalito, Dulce Nombre, La Fortuna y Hondores, con un pozo cada una, los cuales son administrados por las comunidades.

Actualmente se extrae agua subterránea en la CARPoCa para los Acueductos de Nicoya (1 pozo) y Hojancha (3 pozos) administrados por el AyA. Los pozos de riego son principalmente utilizados en la siembra de melón en los meses secos de Noviembre a Mayo, sin embargo existen algunos pozos de riego para cultivos ornamentales y pastos. El caudal total de extracción de agua del acuífero es de 1852.016 m³ anuales.

4.2.8. Litologías

En las columnas litológicas y diseños de los pozos existentes se observa que, en general, estos captan los sedimentos del valle coluvio aluvional; sin embargo, algunos pozos captan también la parte superior alterada y fracturada de los basaltos de Complejo de Nicoya.

La profundidad de los pozos varía entre los 10 y 50 m pero predominan profundidades de entre 25 y 35 m.

4.2.9. Geometría del acuífero

En el modelo se propone un acuífero en un relleno coluvio aluvial ubicado en el valle de la CARPoCa, con un espesor máximo de 40 m, con un espesor medio del relleno coluvio aluvial de 30 m.

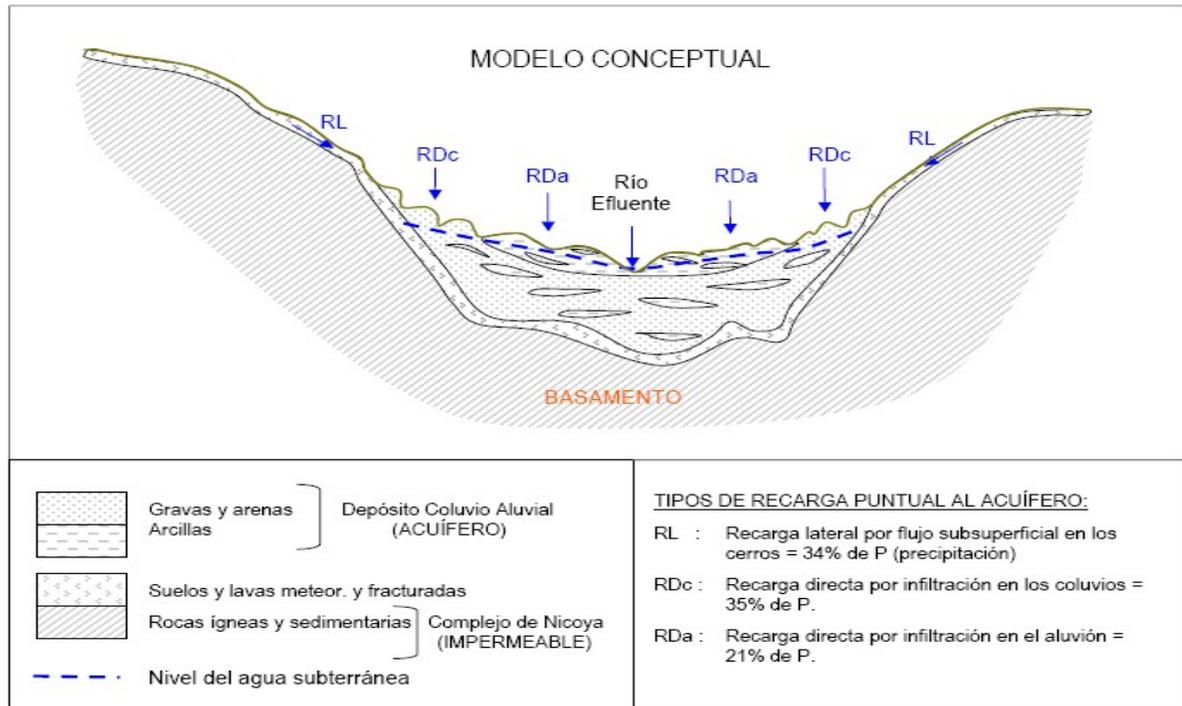
El espesor medio del acuífero, restándole al espesor medio del relleno coluvio aluvial una profundidad media de niveles de agua de 5 m y de otros 5 m de la capa arcillo arenosa superficial, es de aproximadamente 20 m.

El valle y acuífero coluvio aluvial es de forma elongada con un ancho medio aproximado de 1.5 Km y una longitud aproximada de 12 Km. El área del acuífero podría variar entre 16 y 25 Km², dependiendo de las fluctuaciones del nivel del agua subterránea.

El límite inferior del acuífero está dado por las rocas impermeables del Complejo de Nicoya, y el límite superior lo forma el nivel del agua subterránea dentro del relleno coluvio aluvial.

Figura N° 27

Perfil esquemático del modelo conceptual del acuífero coluvio aluvial de la CARPoCa



Fuente: Losilla, M., M.Sc., Agudelo, C., M.Sc. Rendimiento Seguro Y Susceptibilidad A La Contaminación Del Acuífero Coluvio Aluvial De Las Cuencas Altas De Los Ríos Potrero Y Caimital, Nicoya, Guanacaste, C.R.

4.2.10 Caracterización del acuífero

En las litologías de los pozos y perfiles hidrogeológicos se muestra un acuífero coluvio aluvial heterogéneo con capas y lentes de diferentes granulometrías que varían entre materiales arcillosos, arenosos y gravosos.

En la parte superior del acuífero se identifica una capa areno arcillosa bastante continua, con un espesor que varía entre 3 y 12 m, que podría en algunos sectores formar condiciones de confinamiento o semiconfinamiento cuando contienen los niveles piezométricos ubicados entre 1 y 7 m de profundidad, y libres o freáticos cuando los niveles

están por debajo de esa capa arcillosa. La fluctuación de niveles del acuífero entre la época seca y lluviosa es de 3m.

Los caudales de los pozos varían entre 25 y 31 l/s lo cual indica una buena permeabilidad del material acuífero.

El volumen de almacenamiento del acuífero (VS), en un área promedio de $A = 20$ Km² y un espesor medio de $b = 20$ m, sin contar la capa semiconfinante del acuífero sería de: $VS = A * b * Sy = 40$ millones de m³.

4.2.11. Recarga del acuífero

Tipos de recarga

Se define recarga potencial del acuífero a la cantidad de agua disponible, considerando condiciones climáticas medias en el tiempo dentro de la cuenca, que estaría disponible para recargar el acuífero desde diferentes mecanismos, si existieran las condiciones óptimas de capacidad de almacenamiento y las características físicas supuestas para los suelos que cubren el acuífero y sus fronteras.

En el caso de la CARPoCa el modelo conceptual del acuífero identifica dos mecanismos de recarga del acuífero coluvio aluvial existente, los cuales se evalúan para intervalos mensuales en condiciones climáticas históricas promedio, durante un año medio representativo.

0 A) Infiltración directa (RD). Es aquella ocasionada por la infiltración de la lluvia directamente sobre los suelos que cubren el acuífero. Corresponde a la ocurrida sobre la unidad del valle aluvial en un área aproximada de 15.7 Km² y parcialmente sobre el material coluvial de pie de monte con un área aproximada de 12.5 Km².

0 B) Recarga lateral (RL). Es aquella que ocurre por flujo subsuperficial de la lluvia infiltrada en los suelos de las laderas de los cerros (33.5 Km²) y parcialmente en los coluvios de pie de monte, hasta llegar a las rocas impermeables del Complejo de Nicoya, donde fluyen subsuperfialmente ladera abajo hasta alcanzar los coluvios y recargar el acuífero lateralmente por sus orillas, principalmente en la base de los pequeños cauces de escorrentía que bajan de los cerros. Bajo los suelos de la laderas de los cerros no existe acuífero, solo flujos de agua subsuperficial intermitentes cuando la precipitación que infiltra alcanza el basamento impermeable de las rocas del Complejo de Nicoya. Parte de este flujo subsuperficial de recarga lateral puede perderse por escorrentía superficial si el acuífero se encuentra saturado.

Recargas artificiales del acuífero ocurren en el valle y coluvios a partir del agua recirculada por percolación del exceso de riego durante la época seca y por los efluentes de aguas de los sistemas sépticos de los acueductos de la población de la cuenca. Las capacidades de infiltración o permeabilidades de los suelos del coluvio de pie de monte y de las laderas de los cerros se consideran de moderadas a moderadamente rápidas y las de los suelos del valle aluvional, en promedio, se consideran lentas.

4.2.12. Descargas del acuífero

El acuífero de la CARPoCa se descarga naturalmente como flujo base en los cauces de los ríos Potrero y Caimital que corren en direcciones opuestas, el primero drenando naturalmente aproximadamente el 54 % del acuífero y el 2º, aproximadamente, el 46 % del acuífero.

La descarga artificial de aguas subterráneas se produce mediante 66 pozos con usos de riego, abastecimiento público, domésticos y otros. En la cuenca del río Caimital se ubican 27 de esos pozos y 39 en la cuenca del río Potrero.

Los pozos de riego se utilizan solo en la época seca, y se debe descontar la recirculación por percolación al cuífero, de parte del agua extraída de los pozos de riego y abastecimiento público de los pueblos.

4.2.13. Extracción por pozos

El bombeo por pozos más importante del acuífero de la CARPoCa es el utilizado por el AyA para abastecimiento público de los acueductos de Nicoya y Hojancha que se abastecen casi en su totalidad del agua subterránea de la CARPoCa. Su extracción anual se ha contabilizado en 932402 m³, que representa un 2.2 % de la recarga potencial calculada. Esta extracción se exporta fuera de la CARPoCa, y ninguna parte de ese volumen retorna al acuífero por percolación.

Los pozos de uso de riego solo funcionan en los meses secos de Diciembre a Abril, y su extracción total en ese período es de 632 019 m³, lo cual representa el 1.49 % de la recarga potencial al acuífero. Se ha medido por pruebas con lisímetros, en promedio, un 24 % de ese caudal puede volver al acuífero como recarga de retorno por percolación vertical de ineficiencia de riego.

Debido a los coeficientes de almacenamiento asignados al acuífero, se considera que la extracción de ese volumen de agua, concentrado en la época seca, podría hacer bajar el nivel del acuífero como una lámina de agua entre un mínimo de 0.30 m para un acuífero libre con un $S = 0.1$, y un máximo de 10 metros, en los sectores del acuífero donde es semiconfinado con un coeficiente de almacenamiento medio de $S = 0.002$, debido a que una

vez llegado el descenso a la base de la capa arcillosa semiconfinante, el acuífero se comportaría como libre con poco descenso adicional.

La tercera extracción en importancia es la de acueductos rurales de la CARPoCa, con un bombeo anual de 265 923 m³, lo cual representa un 0.63 % de la Rp. Se acepta que el 24 % de esta extracción también regresa como recarga de retorno al acuífero.

La extracción restante corresponde a pozos de otros usos (domésticos, industriales y de abrevadero) que suman 21672 m³ con 0.05 % de Rp, menos el 24% que también se asume como recarga de retorno.

El total de la extracción de los pozos en el acuífero de la CARPoCa suma 1631308 m³ anuales que representa un 3.85 % de la recarga potencial (Rp), restándole un 24 % a los pozos que utilizan el agua dentro de la CARPoCa como recarga de retorno, totalizada en 200707 m³, representa un 0.52 % de la Rp.

En total, la extracción neta de la CARPo es de 992820 m³, o sea un 61 % del total de las extracciones netas, y de la CARCa es de 638488 m³, que representa un 39 % del total de extracciones netas actuales.

4.2.14. Limitaciones a la extracción

Toda el agua extraída actualmente por medio de pozos del almacenamiento del acuífero sería sustituida durante los 5 meses lluviosos en los que ocurre recarga (mayo a octubre) por recarga que actualmente es rechazada.

La toma de agua del AyA en el río Potrero para el acueducto de Nicoya, al final de la CARPo, se abastece principalmente del flujo base correspondiente al río Potrero. Durante los meses secos, de diciembre a mayo, su abastecimiento del flujo base de la CARPo es del

100 % y en los meses de junio a noviembre de una mezcla de flujo base y escorrentía superficial.

El consumo de agua de la “toma” se calculó con base a la capacidad de tratamiento de la planta, de 60 l/s, y siempre trabaja a su máxima capacidad y no devuelven agua sobrante al río.

El consumo anual de la toma del AyA en el río Potrero se calculó, con esa base, en 1.4 millones de m³, que corresponde a un 3.4 % de la Rp, y a un 10.3 % del flujo base total anual promedio calculado del río Potrero.

El mes con menor caudal es mayo con 238380 m³, y la demanda de la planta de tratamiento es de 155 520 m³ por mes , representa un 65.24 % de ese flujo base.

Sin embargo, se ha reportado que en los últimos años, durante los últimos meses de verano, el flujo base del río Potrero ha sido apenas suficiente para abastecer la planta de tratamiento.

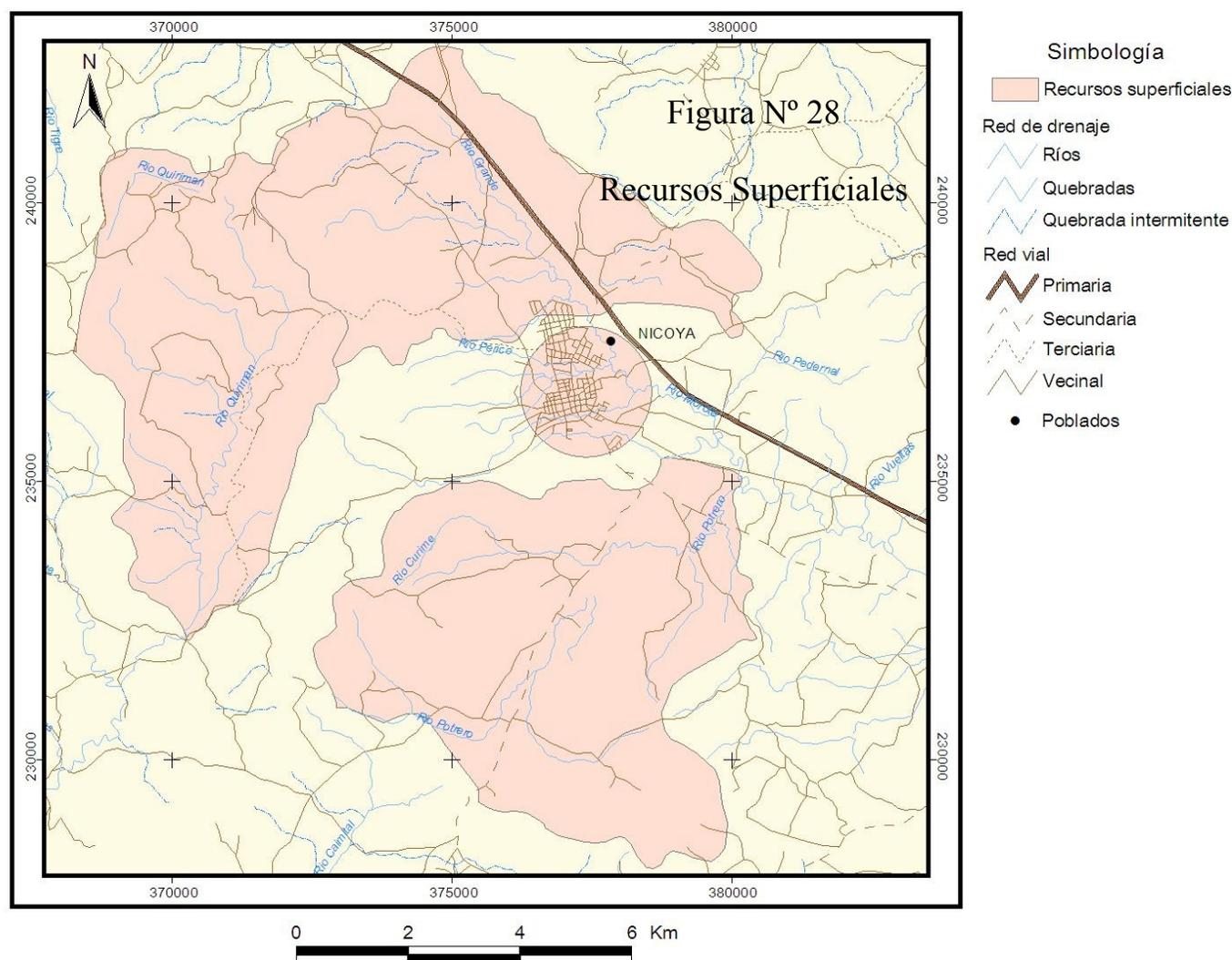
Tomando en cuenta esa condición y con los datos disponibles en la actualidad, se propone que el rendimiento seguro del acuífero, sin afectar la toma de agua superficial del AyA en un año de recarga promedio del acuífero, sea de la CARPo, un 50 % del flujo base promedio de los 6 meses promedio más bajos del río Potrero (enero a junio), calculados en 2.1 millones de m³, representa 1.05 millones de m³, equivalente a 67.3 l/s de bombeo continuo.

Aunque el acuífero coluvio aluvial comunica las dos cuencas, los pozos ubicados en la cuenca del río Caimital afectarán mayormente el flujo base de este río, y en menor proporción, el flujo base del río Potrero.

Actualmente se podría extraer adicionalmente del acuífero de la CARPoCa como máximo, durante los 6 meses entre enero y junio, un volumen de 1149001 m^3 adicionales de aguas subterráneas, equivalente a 73.9 l/s de bombeo continuo, de los cuales, 445694 m^3 (28.7 l/s) se podrían extraer de la CARPo y 703307 m^3 (45.2 l/s) de la CARCa, sin que se afecte la disponibilidad de agua de la toma en el río Potrero en un año promedio. Sin embargo, prevalece la condición de que en años muy secos ésta se pueda ver afectada temporal y parcialmente.

4.3. Análisis de recursos superficiales

El objetivo de este capítulo es analizar las diversas posibilidades de abastecimiento de los ríos Quimital, Nosara y Grande, de acuerdo a criterios técnicos y económicos.



4.3.1. Río Potrero

- Localización del área en estudio

El río Potrero corre hacia el NE, es un afluente del Río Grande que aguas abajo cambia su nombre a río Morote antes de desembocar al estero Morote en el Golfo de Nicoya.

- Ubicación y delimitación de la cuenca

La cuenca se encuentra ubicada en la Región Chorotega, en la parte central de la Península de Nicoya, provincia de Guanacaste. Las nacientes se ubican en el cerro Zompopa (Elevación 534 m.s.n.m), recibe el nombre de Quebrada Zompopa. Luego toma el nombre de río Potrero hasta la confluencia con el río Grande de Morote.

La delimitación de la cuenca es la siguiente:

-Latitud Norte: 10°08'06'' y 10°04'06''

-Longitud Oeste: 85°29'49' y 85°25'21''

Hoja topográfica Matambú 3146 III, escala 1:50 000.

-Al norte con el cerro La Cruz (elevación 419 m.s.n.m), la población de Nicoya y el río Chipanzo.

-Al este con el curso del río Grande de Morote, el poblado de Casitas, el cerro Varillal (elevación 439 m.s.n.m) Y la Fila Matambú (elevación 560 m.s.n.m).

-Al sur con el cerro Cañas (elevación 540 msnm), cerro Planes (elevación 555 m.s.n.m).

La elevación máxima de la cuenca es de 560 m.s.n.m. y la elevación mínima es 90 m.s.n.m.

- Superficie y vías de comunicación

En la cuenca se encuentran los poblados de: Curime, Dulce Nombre, Caimital y Sitio Varillal, pertenecientes al Distrito I de Nicoya. La cuenca es atravesada por dos vías de grava que van paralelas al curso del río y comunican a Nicoya con Caimital y Dulce Nombre.

- Zonas de vida silvestre ecológicamente importante

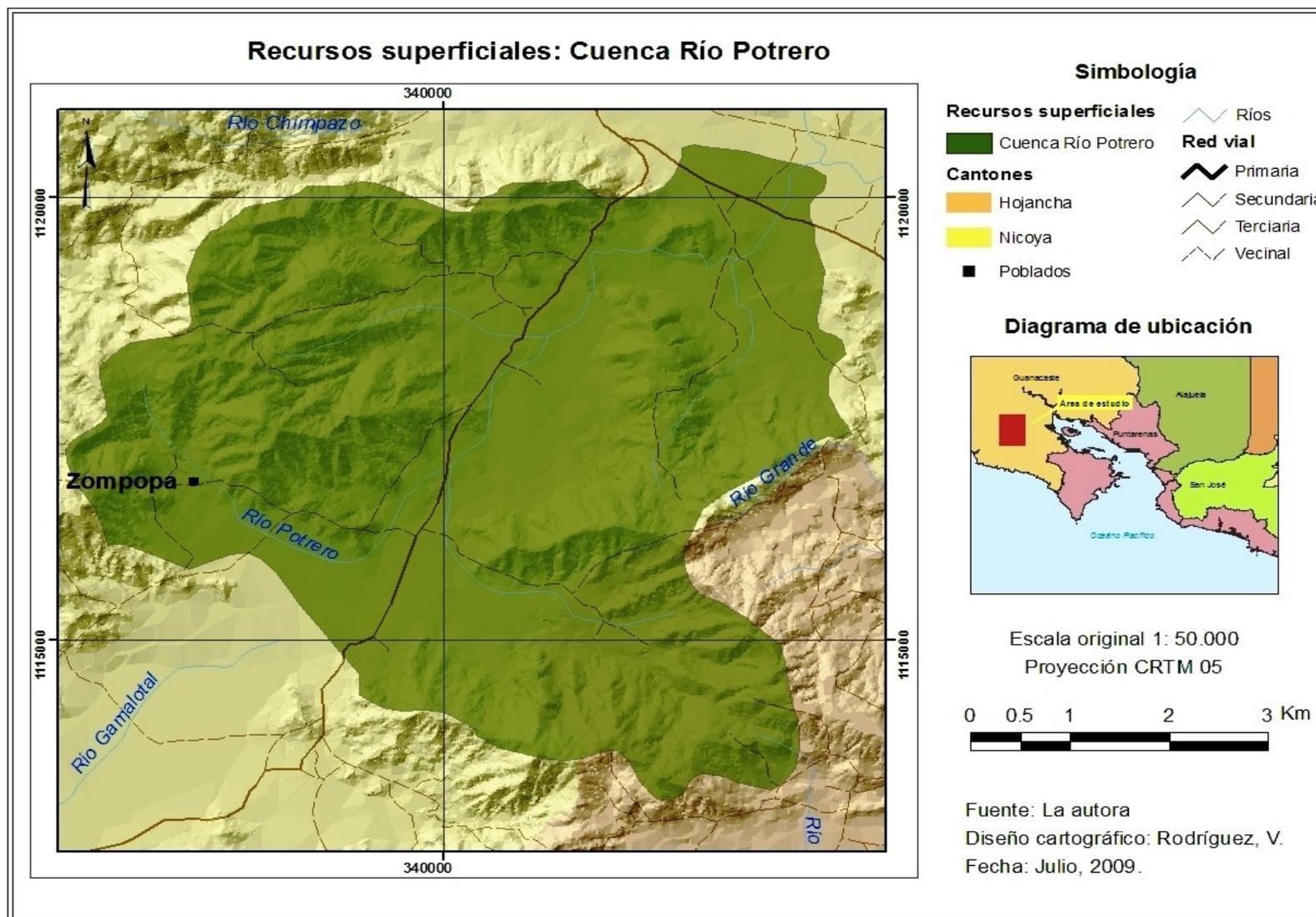
La cuenca se localiza en una zona de vida ecológica de bosque húmedo tropical, con un bioclima húmedo y una ausencia de lluvias por un período de dos a cuatro meses secos al año.

- Uso de la tierra en la cuenca

Las partes bajas de la cuenca se encuentran destinadas, en su gran mayoría, a la ganadería extensiva y representan cerca del 90% del área total, aproximadamente el 9.9% del área de la cuenca se encuentra cubierta por potreros abandonados y matorrales en las pendientes y partes altas de los cerros. El área restante (0.1%) está ocupado por caminos y poblados. La zona ocupada por la cuenca superior del río Potrero se muestra en la Figura N° 5.3, cubre 26 km² del área total.

Figura N° 29

Cuenca del río Potrero



- Análisis hidrológico

La cuenca está formada por el río Potrero y varios tributarios principales como el río Curime y las quebradas Zompopa, Zapotillo, Maderal, Curime, El Puente, Salitral, Hondores, Cerro Varillal, Finca Estrella, Sitio Varillal, además de múltiples afluentes intermitentes. Existen un total de 13 causes permanentes, con una longitud total aproximada de 65.22 kilómetros de los cuales 12.8 kilómetros corresponden al río Potrero.

En el siguiente cuadro se presentan la longitud de los principales tributarios del río Potrero.

Cuadro N° 36

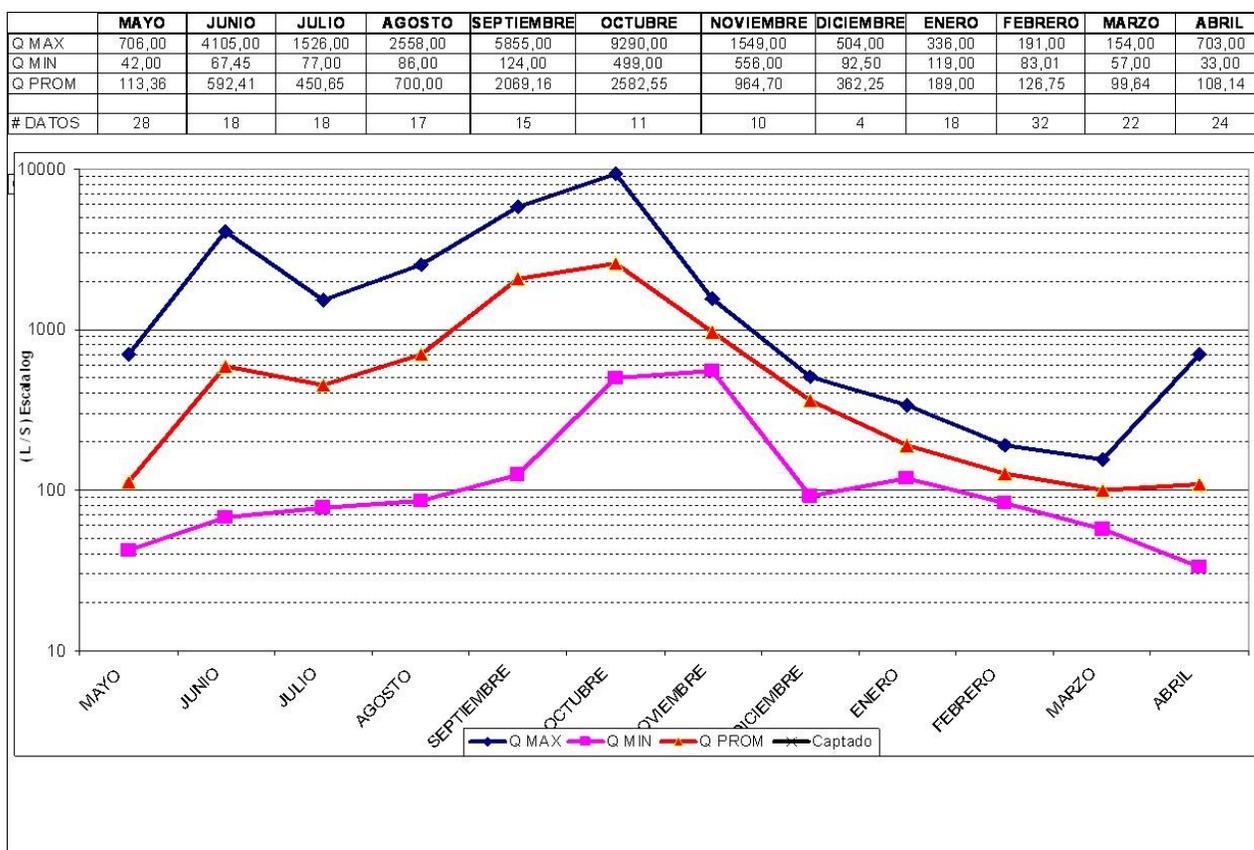
Longitud de los principios ríos y quebradas de la cuenca del río Potrero

Permanentes	Longitud (Km)
Río Potrero	12.789
Río Curime	8.409
Quebrada Zompopa	6.035
Quebrada Zapotillo	2.257
Quebrada Maderal	3.223
Quebrada Curime	5.459
Quebrada el Puente	3.290
Quebrada Salitral	2.111
Quebrada Hondores	2.640
Quebrada Cerro Varillal	3.214
Quebrada Finca Estrella	5.600
Quebrada Sitio Varillal	7.328
Quebrada Zompopa	2.863
SUBTOTAL	65.22
INTERMITENTES	
Quebrada Cerro Cruz	5.680
Quebrada Cerro Zompopa	2.115
Quebrada Fila Matambú	2.305
Quebrada Loma Rayo	2.429
TOTAL	77.747

En el año 2004 se realizó el Plan de Manejo del río Potrero, se identificó en este estudio la existencia de una disminución de caudal y un deterioro en la calidad del agua superficial, lo cual ha causado un problema de abastecimiento, en cantidad y calidad, a los usuarios de agua para el consumo humano de la ciudad de Nicoya que se abastece de una toma superficial en el río Potrero. Se identificó como la causa de este problema la administración inadecuada del recurso hídrico en la cuenca, dada una débil fiscalización y una falta de compromiso de los usuarios y autoridades gubernamentales.

Figura N° 30

Curvas de máximo y mínimo caudal en río Potrero, elevación 115 m.s.n.m



4.3.2. Río Grande o Morote

- Localización

La cuenca se encuentra definida por las siguientes coordenadas geográficas:

-Latitud Norte: 10°12'11'' y 10°08'35''

-Longitud Oeste: 85°30'19'' y 85°25'46''

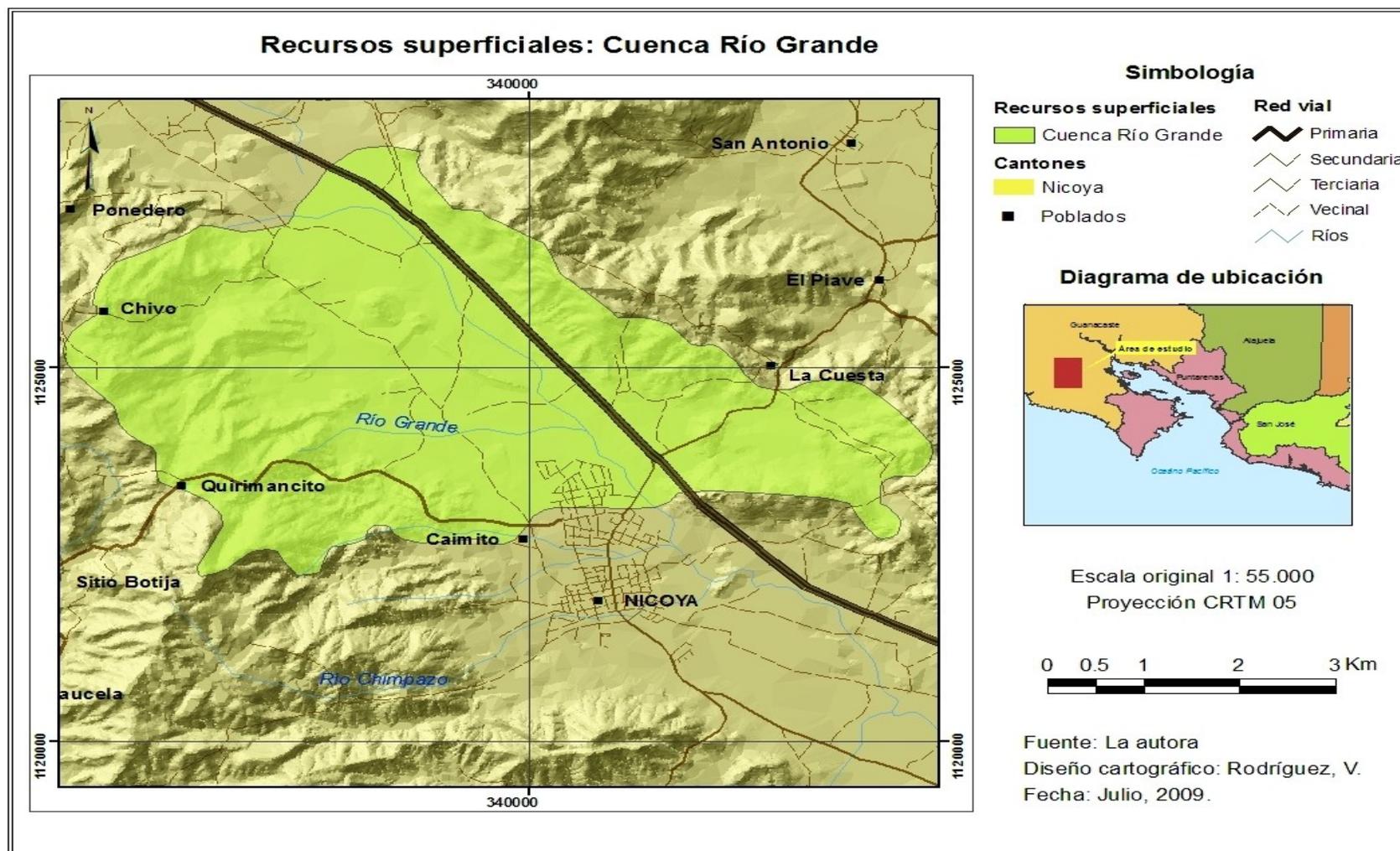
Hoja topográfica Cerro Brujo 3046 II, Dirιά 3046, Matambú 3146 III y Talolinga 3146 IV. Escala 1:50 000.

- Ubicación de la zona

La zona se ubica al norte de la Ciudad de Nicoya, provincia de Guanacaste. El río nace cerca del poblado de Sabana Grande, sigue el curso por el amplio lecho fluvial con algunas quebradas: Quebrada Roblar, Quebrada Coyolar, Quebrada Carreta, Quebrada Común y Quebrada Lajero.

Los límites de la cuenca son: al norte con el río Grande, Cerro Cardones (elevación 480 m.s.n.m) y el Cerro Caraña (elevación 360 m.s.n.m). Al este con el cerro Cruces (elevación 360 m.s.n.m), el Cerro Colorado (elevación 340 m.s.n.m), Cerro Matagalpa (elevación 248 m.s.n.m), al sur limita con el Cerro Calera (elevación 301 m.s.n.m), la ciudad de Nicoya, los Cerros La Palma (elevación 500 m.s.n.m) y el río Perico; al oeste limita con la cuenca del río Quirimán y las Lomas Chivos. La elevación máxima de la cuenca es de 415 m.s.n.m y la elevación mínima de 113 msnm.

Figura N° 31



- Superficie y vías de comunicación

El área de la cuenca es de 23.5 km². Se encuentra atravesada por dos caminos localizados a ambos lados del río hasta la población de Nicoya. El área cuenta con una vía rústica que comunica a Sabana Grande con Nicoya con una longitud de 6 kilómetros. También existe un camino entre Sabana Grande y Nambí.

- Zonas de vida silvestre ecológicamente importante

En el área de influencia de la cuenca se definen tres zonas de vida ecológicas: bosque húmedo tropical, bosque seco tropical transición a premontano y bosque húmedo premontano transición a basal. Se definen dos bioclimas: húmedo con un período de dos a cuatro meses secos al año, y subhúmedo con un período de cuatro a cinco meses secos al año.

- Uso de la tierra en la cuenca

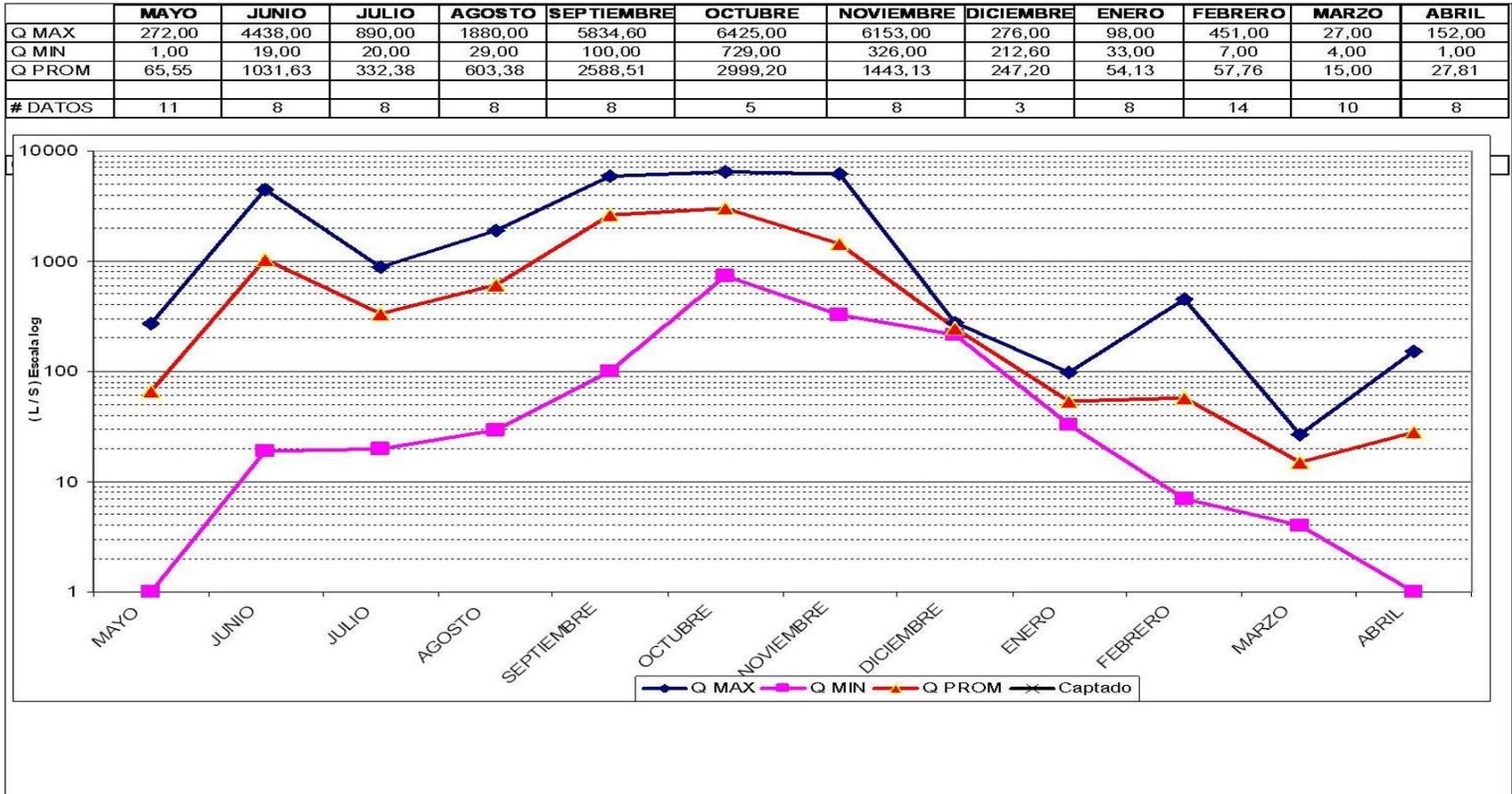
En esta cuenca se observa que el uso predominante de la tierra es el de ganadería extensiva la que ocupa alrededor de 85% del área de la cuenca. Se observan algunas pequeñas áreas de charral debido al abandono de potreros, así como cultivos anuales de poca importancia económica, principalmente con propósitos de autoabastecimiento.

Los pobladores de la zona afirman que el río Grande se seca, aparte de que atraviesa la ciudad y recibe la descarga de sus aguas negras con la consiguiente contaminación.

Por estas razones el río Grande o Morote se considera inadecuado como posibilidad para abastecer de agua potable a la Ciudad de Nicoya.

Figura N° 32

Curvas de máximo y mínimo caudal elevación 115 m.s.n.m



4.3.3. Río Quirimán

- Localización

La cuenca se encuentra definida por las siguientes coordenadas geográficas:

-Latitud Norte: 10°11'15'' y 10°06'37''

-Longitud Oeste: 85°32'25'' y 85°29'52''

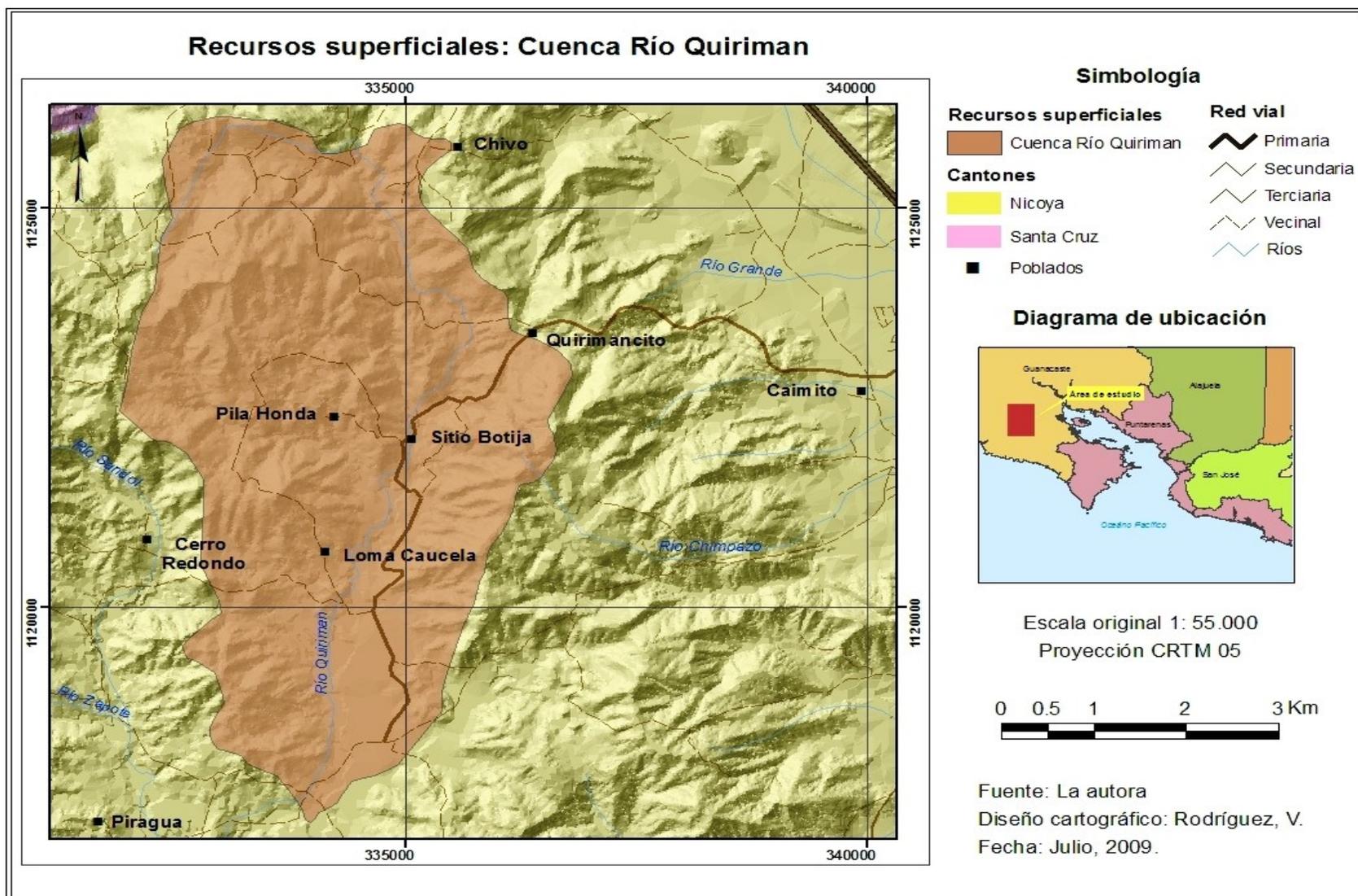
Hoja topográfica Cerro Brujo 3046 II, Diriá 3046, Matambú 3146 III y Talolinga 3146 IV. Escala 1:50 000.

- Ubicación de la zona

La cuenca se encuentra en la península de Nicoya al oeste de la Ciudad de Nicoya. Las nacientes del río se localizan en el Cerro Campana (elevación 800 msnm). Entre los afluentes principales del área están: Quebrada Honda, Quebrada Potrero, Quebrada Hamaca, Quebrada Guanacaste y Quebrada Maquenco; estas forman un patrón de drenaje paralelo debido a la formación y origen del relieve.

Los límites de la cuenca son: al norte con el Cerro Azul (elevación 718 msnm), al este con los Cerros La Palma (elevación 400 msnm) y Nicoya, al sur con el poblado de Quirimán y el Cerro Chepeñas, al oeste limita con el Cerro Ortiga (elevación 425 msnm), Cerro Redondo (elevación 450 msnm) y el poblado de Juan Díaz.

Figura N° 33



- Superficie y vías de comunicación

El área de la cuenca es de 26.25 km². En la cuenca existe una vía que la comunica con Nicoya con una longitud de 7.5 kilómetros hasta Quirimán . Dentro de la cuenca hay algunos caminos secundarios en mal estado, transitables únicamente en vehículo de doble tracción.

- Zona de vida silvestre ecológicamente importantes

En la zona de influencia de la cuenca se define la zona de vida ecológica de bosque húmedo tropical, con un bioclima húmedo el cual tiene un período de dos a cuatro meses secos al año.

- Uso de la tierra en la cuenca

El principal uso de la tierra en la cuenca es el de ganadería extensiva, ocupando casi la totalidad del área de la cuenca. En algunas partes se observan potreros con árboles dispersos y potreros abandonados con charrales. Algunas áreas cubiertas con vegetación forestal se localizan, principalmente, en las márgenes del río

- Análisis hidrológico

Al respecto se cuenta con aforos desde 1973. Estos aforos se efectúan en dos sitios: Las Lajas y en el Paso La Virginia, 150 y a 105 m.s.n.m respectivamente.

Figura N° 34

Curvas de máximo y mínimo caudal elevación 105 m.s.n

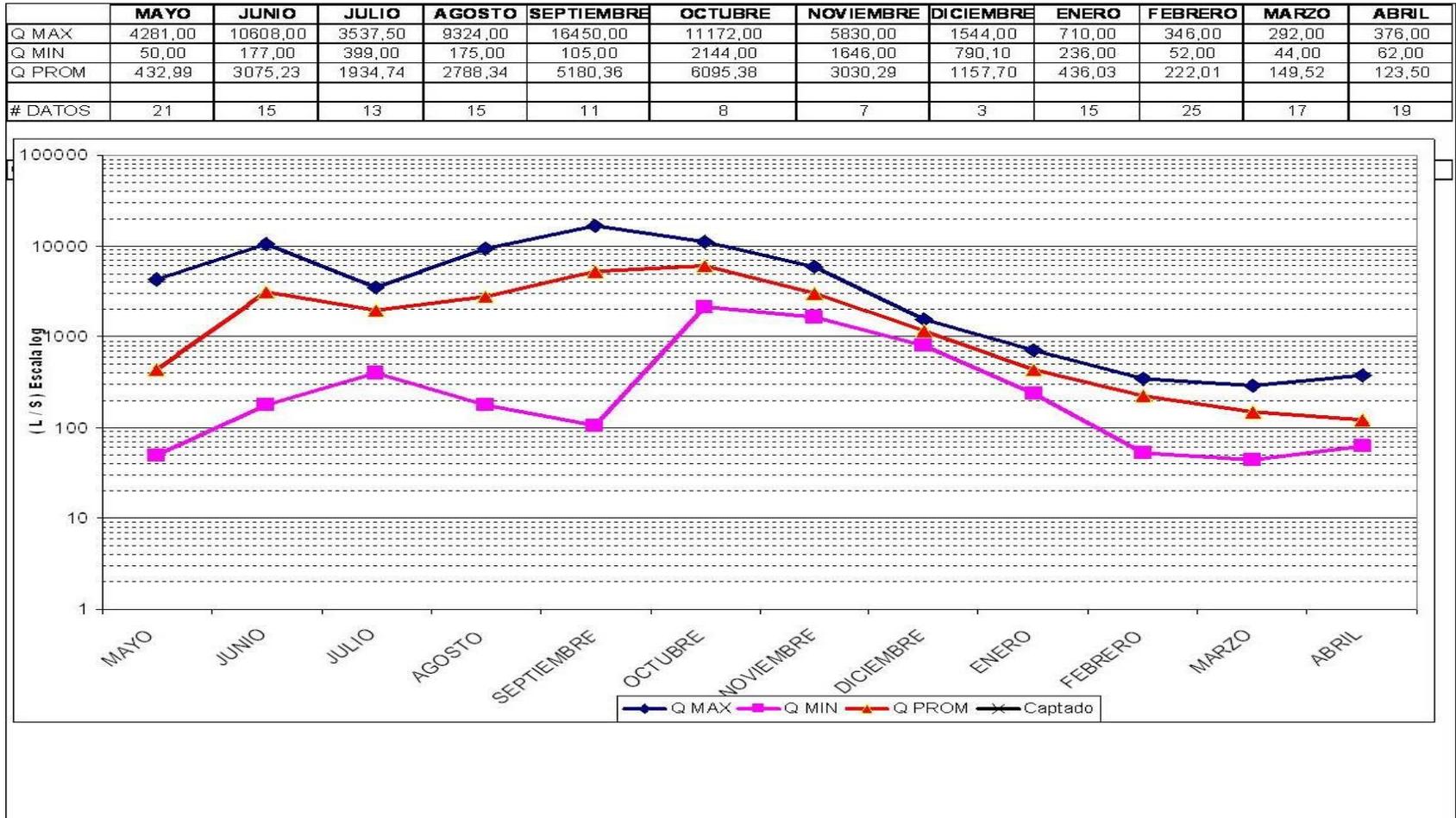
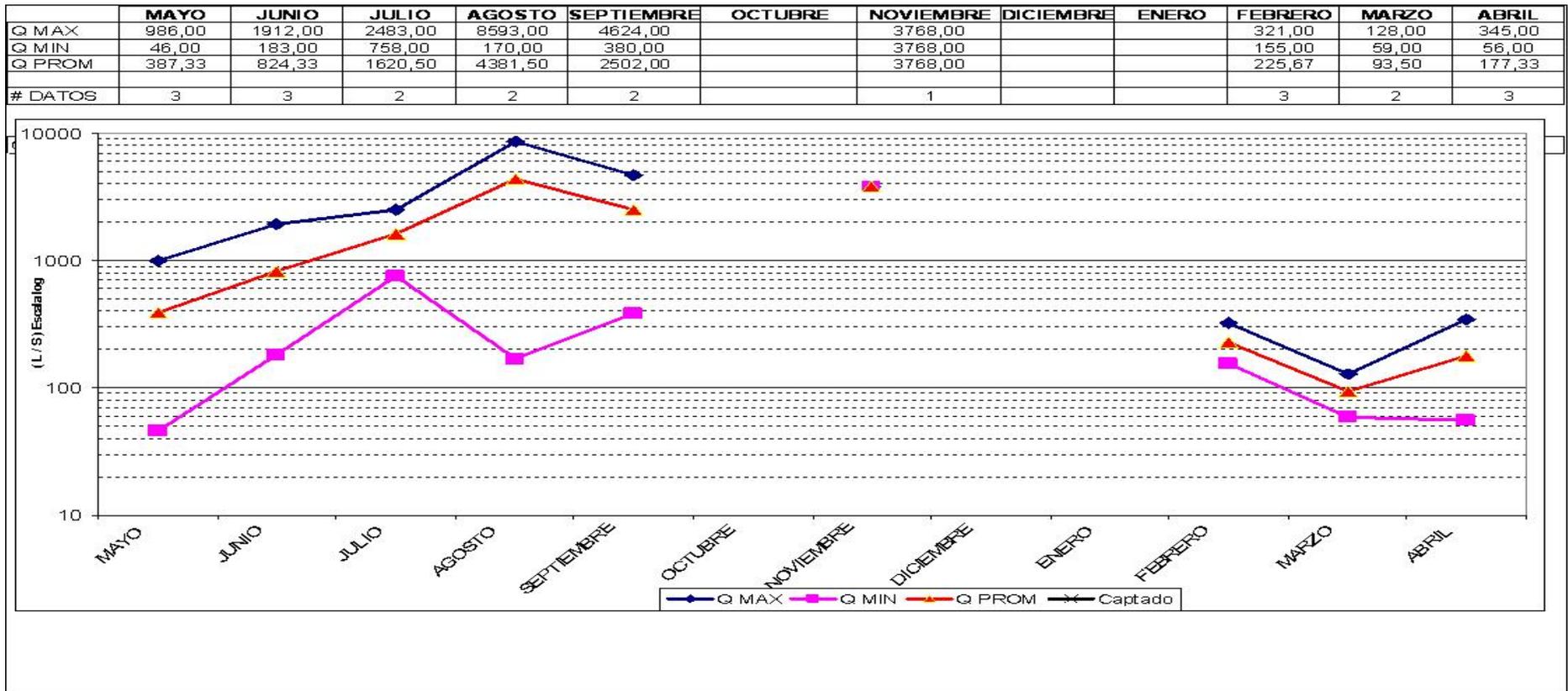


Figura N° 35

Curvas de máximo y mínimo caudal elevación 150 m.s.n.



- Posibles sitios de toma

Se estudia la capacidad del río Quirimán en tres posibles sitios:

- a) En Quirimán, elevación 170 m.s.n.m.
- b) En Lajas, elevación 150 m.s.n.m.
- c) En Paso La Virginia, elevación 105 m.s.n.m.

Cuadro N° 37

Caudales mínimos en río Quirimán

Elevación (msnm)	Q mínimo (l/s)	Fecha
170	23	19/05/98
150	46	19/05/98
105	44	13/03/95
70	78	19/05/98

Cuadro N° 38

Caudales máximos en río Quirimán

Elevación (msnm)	Q máximo(l/s)	Fecha
170	2637	25/08/98
150	8593	25/08/98
105	16450	25/09/07
70	10890	22/08/96

4.3.4. Cuenca superior del río Nosara

- Localización del área de estudio

La cuenca superior del río Nosara se localiza en la sección central de la península de Nicoya, específicamente al sur de la Ciudad de Nicoya. Está definida por las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud norte: 10° 04' 42" y 10° 00' 06"

Longitud oeste: 85° 27' 01" y 85°23' 04"

Hojas topográficas Matambú 3146 III y cerro Azul 3145 IV escala 1:50 000, mapa Básico de Costa Rica del Instituto Geográfico Nacional.

- Ubicación y delimitación de la cuenca

Pertenece a la región Chorotega y se ubica en la parte central de la península de Nicoya, provincia de Guanacaste.

Las nacientes del río Nosara se ubican en el cerro Venados (elevación 883 m.s.n.m), luego toma la dirección SE-NW.

La delimitación de la cuenca es la siguiente:

Limita al norte con el cerro Molinillo (elevación 580 m.s.n.m), el Cerro Cañas (elevación 540 m.s.n.m), y la fila Matambú (elevación 580 m.s.n.m), los cuales forman la línea divisoria de aguas por ese sector y también por el poblado de Matambú.

Al este limita con el poblado de Arena, el río Matina, el Cerro Pita Rayado (elevación 720 m.s.n.m), y el poblado del mismo nombre.

Al sur con el cerro Venados (elevación 883 m.s.n.m), el poblado de Monte Romo y el río Zapotal. Al Oeste con la fila Maravilla (elevación 760 m.s.n.m), los poblados de Maravilla y San Rafael.

- **División política administrativa**

Su ubicación y localización hacen pertenecer a la Cuenca superior del río Nosara a la provincia de Guanacaste, al cantón 11 de Hojanca, distrito único.

- **Superficie y vías de comunicación**

La totalidad de la superficie de la Cuenca superior del río Nosara abarca 25 Km². Posee un camino principal y cuya longitud es 18.5 Km y comunica a Nicoya con Hojanca, pasando por la Mansión. Dos de los principales caminos que parten del centro de Hojanca: el que va a la población de la Maravilla, el cual sigue por la línea divisoria de las aguas de esta cuenca, compuesto de grava y transitable todo el año. El otro camino principal es el que va por el centro de la cuenca, sigue en forma casi paralela al río Nosara, y comunica el centro de Hojanca con la población de Pilangosta.

- **Población**

La población de la cuenca se agrupa principalmente en el centro de Hojanca, donde se lleva a cabo una gran actividad comercial, debido a que se localizan varios centros comerciales y a su vez, es donde están concentrados la mayoría de los servicios públicos básicos de la población de todo el cantón.

También se ubican otros poblados representativos, principalmente hacia el sur del centro de Hojanca, entre los que están La Maravilla y Pilangosta, los cuales se alinean a ambos lados del camino principal.

- **Descripción general de la cuenca superior**

Esta cuenca se ubica en la parte central de la Península de Nicoya y posee un área de 25 km², hasta la cota 320 m.s.n.m; con una orientación SE-NO y un perímetro de 26.25 km de longitud. Está formada principalmente por varias quebradas, el colector principal ES el río Nosara, el cual drena sus aguas hacia el Océano Pacífico. Es influenciada por los vientos provenientes del océano Pacífico, los cuales determinan las condiciones de precipitación, temperatura y humedad reinantes en el área.

- **Ecología y clima**

Se localiza el Bosque Húmedo Tropical, el cual abarca las partes más planas de la cuenca, tomando como nivel inferior la elevación 320 m.s.n.m. También se encuentra el Bosque Húmedo Premontano, se extiende a partir de la cota 550 m.s.n.m hasta llegar a la máxima elevación de toda la cuenca, el cerro Venados, con 883 m.s.n.m.

En los meses de junio, setiembre y octubre las lluvias son muy intensas, por lo que aumenta considerablemente el caudal de los ríos y quebradas que componen el sistema hídrico de la cuenca. Al poseer poca cobertura forestal, las aguas de escorrentía no van a tener regulador, por lo tanto, las avenidas serán muy grandes y espontáneas.

- **Hidrografía e hidrología**

La cuenca superior del río Nosara se encuentra formada por un sistema hídrico, compuesto principalmente por quebradas de origen intermitente.

La pendiente del río es muy inclinada, lo cual favorece el poder de arrastre de los sedimentos erosionados de las partes altas. Unido ello a las condiciones climáticas de la

región, en la época lluviosa se producen fuertes avenidas, aceleradas por el grado de la pendiente del sistema hídrico.

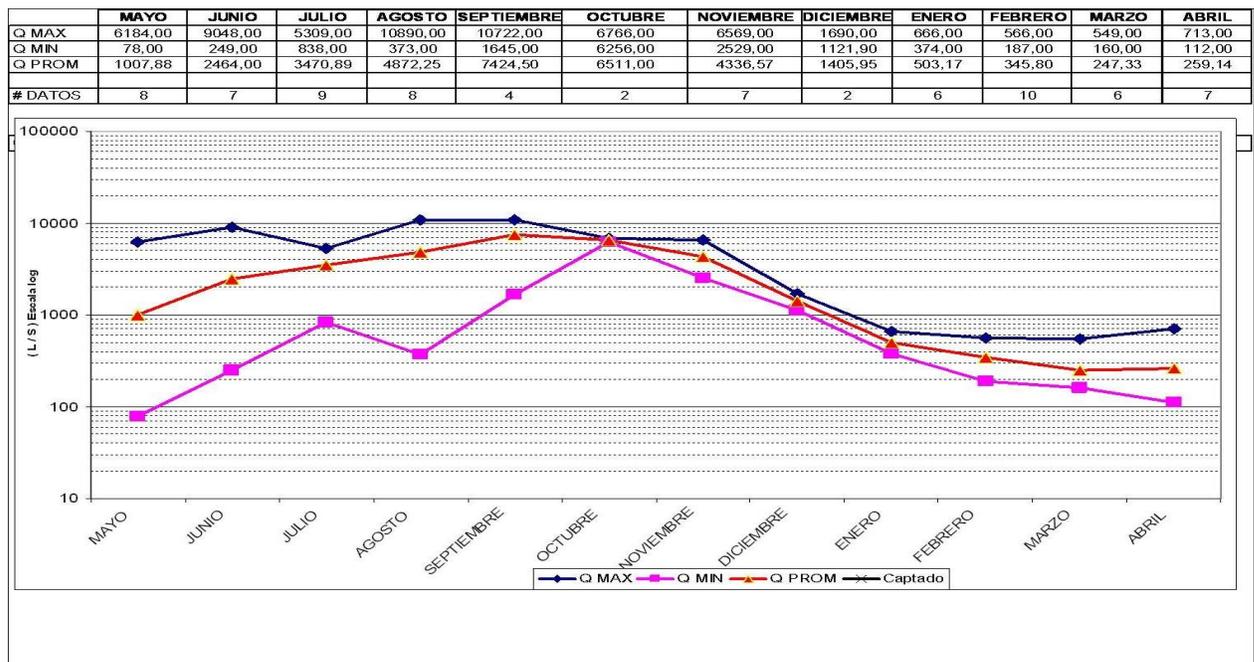
Los aforos se efectúan en Las Juntas, 70 m.s.n.m .

- Uso de la tierra

Extensas zonas de aptitud completamente forestal se desplazan para dar paso a la implantación de ganadería extensiva, es decir que, una cierta cantidad de animales se encuentran en una gran extensión de terreno. Los cultivos constituyen la actividad con menor porcentaje de todo el área de la cuenca.

El posible sitio de toma es en Las Juntas, elevación 70 m.s.n.m.

Figura N° 36
Curvas de máximo y mínimo caudal elevación 70 m.s.nm



4.4. Funcionamiento del sistema actual

La Ciudad de Nicoya cuenta con servicio de acueducto desde el año 1932.

El sistema original se abastecía de una fuente cercana a la población y constaba de un tanque de almacenamiento y la red de distribución. Entre 1959 y 1962 se perforaron tres pozos a causa de la creciente demanda, los cuales en conjunto producían inicialmente 18 l/s, el agua proveniente de estos pozos se almacenaba en un tanque cisterna de 58 m³ y un tanque elevado de 100 m³. El agua del tanque cisterna llegaba a la red a través de tubería de 150 mm de diámetro y del tanque elevado salía en tubería de 200 mm. Ambas tuberías se ramificaban en numerosos circuitos en forma desordenada, pues no existían anillos principales.

La insuficiencia presentada en el sistema motivó al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados a renovarlo.

Entre el 23 de enero de 1977 y el 28 de febrero de 1979, las obras realizadas fueron las siguientes:

- Instalación de 5000 metros de tubería de asbesto cemento de 300 mm de diámetro, esta tubería constituye la línea de impulsión de la planta de tratamiento a la red de distribución y al tanque de cola.
- Instalación de 20 000 metros de tubería en la red de distribución, tubería de P.V.C. y asbesto cemento, con diámetros de 100 hasta 250 mm.
- Instalación de un tanque de cola, de concreto con capacidad de 1000 m³.
- La segunda etapa del proyecto estuvo constituida por:

Construcción de una toma cerca de la confluencia del Río Potrero con el Grande y un desarenador.

- Una estación de bombeo de agua cruda y un sistema de bombeo a la red de distribución y al tanque de cola.
- Una planta de tratamiento de filtros rápidos.

La superficie abastecida actualmente por el sistema de agua potable es la descrita como Área de Estudio en la sección 1.1.2.

4.4.1. Fuentes de abastecimiento

La producción del acueducto de Nicoya proviene tanto de agua subterránea como superficial. En la primera clasificación existen tres pozos en operación: el pozo 6 Curime, el pozo 2 Estadio y el pozo 3 Plantel AyA en Nicoya. En cuanto a la fuente superficial se cuenta con la toma del río Potrero.

- Sistema de captación del río Potrero

La captación consiste en una presa de gravedad sobre el río Potrero con una elevación sobre la cresta de 92.10 m.s.n.m, y de un desarenador que consiste en un canal de 50 metros de longitud con un metro de ancho y profundidad variable. Del sitio de toma, el agua es conducida por un pequeño tramo hacia la estación de bombeo de aguas crudas.

La toma se ubica en el río Potrero, 100 m aguas arriba de la confluencia del río Grande con el Potrero.

- Abastecimiento por pozos

Los tres pozos que ayudan al abastecimiento para la Ciudad de Nicoya están ubicados en Curime, el Estadio de Nicoya y en la oficina del AyA respectivamente.

- Pozo 6: Curime

Este pozo ubicado en terreno del AyA 100 m este de la casa de arte en Curime.

Coordenadas: Lambert N : 233.23 Lamb W : 377.59, Hoja Topográfica Matambu.

Su fecha de registro fue el 01/01/98, su uso es de abastecimiento público.

Propietario: AYA, con un caudal de 20 l/s.

Cuadro N° 39

Datos de perforación pozo 6 Curime

	Diámetro (mm)	Longitudes (m)
Perforación	350	36
Tubería	250	27
Rejilla	250	9
Ademe	350	0

- Prueba de bombeo:

Nivel estático: 10.91 m Niv.Dinámico.: 14.92 m. Caudal prueba: 14.85 l/s

Potencia de la bomba: 5 Hp

Prof bomba : 30 m.

Duración: 27 horas.

- **Litología**

- 0- 2 m suelo arcilloso marrón
- 2-13 m limo arcilloso café
- 13- 16 m arcilla gris, verdosa, cafezuzca, con fragmentos mm aislados de composición lávica, grava aluvión medio
- 16 -21 m grava fina gris, fragmentos basáltic, meteorizados angulares y subangulares.
- 21-29 m arenisca gris bastante compacta
- 34-36 basaltos fracturados, Complejo de Nicoya.

- **Pozo 2: Estadio de Nicoya**

Este pozó se perforó en el año 1994, empezó a utilizarse en diciembre del 2007.

Está ubicado en el estadio de la Ciudad de Nicoya. Provincia Guanacaste, cantón Nicoya, distrito Nicoya

Caudal: 2 l/s.

Cuadro N° 40

Datos de perforación pozo 2 Estadio

	Diámetro (mm)	Longitudes (m)
Perforación	250	27
Tubería	150	14
Rejilla	150	13
Ademe	250	0

- Litología

0-15 m arcillas

15-23 m arcillas con arena

23-27 m areniscas

No hay datos de prueba de bombeo

- Pozo 3 Plantel del AyA

Este pozo se perforó en el año 1977. Está ubicado en la oficina del AyA en la Ciudad de Nicoya. Con un caudal de 5 l/s.

Cuadro N° 41

Datos de perforación pozo 3 Plantel

	Diámetro (mm)	Longitudes (m)
Perforación	300	60
Tubería	200	0
Rejilla	200	0
Ademe	300	0

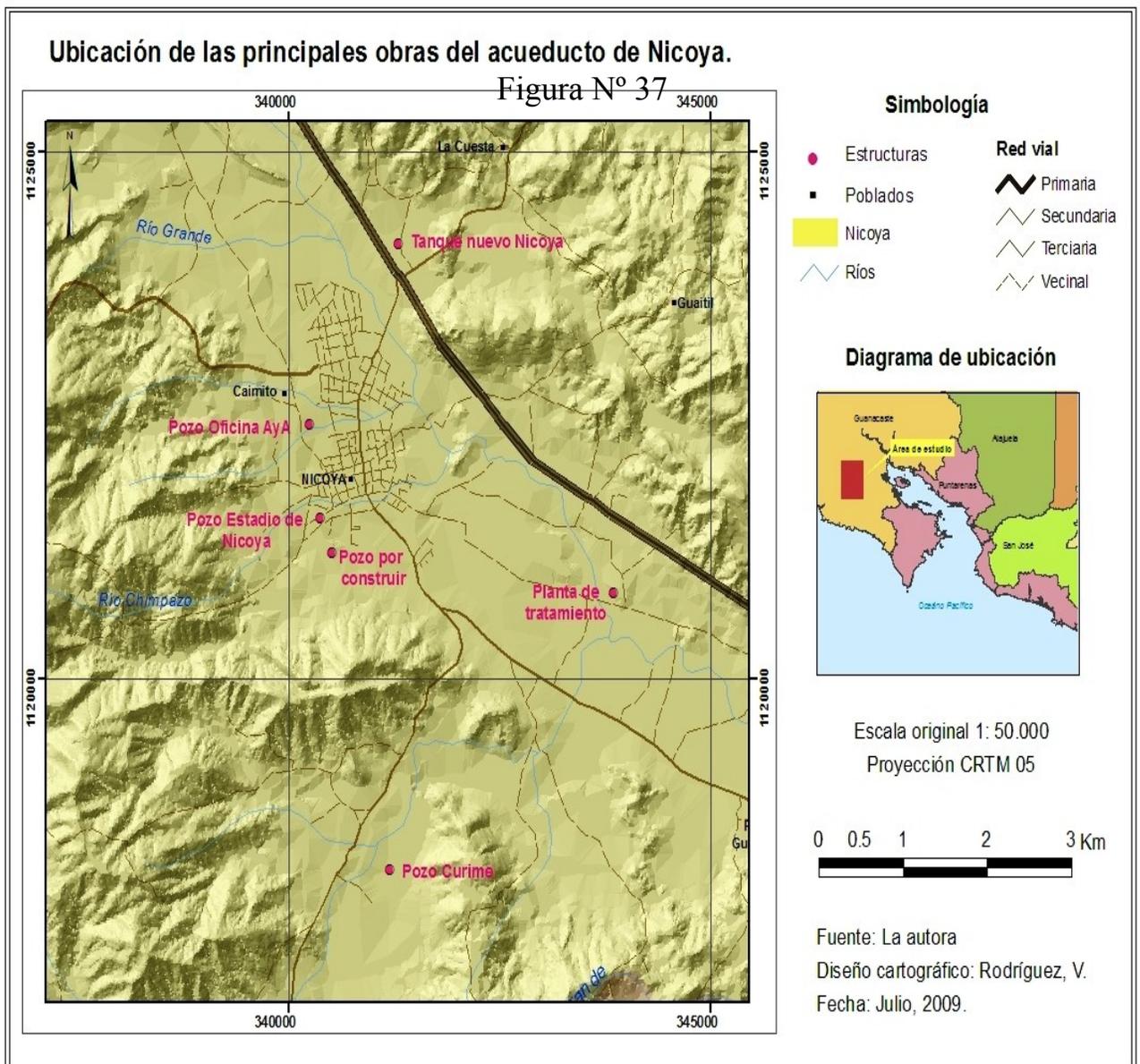
No hay datos de prueba de bombeo, ni de la litología.

4.4.2. Línea de conducción

Está compuesta por 1094.28 m de tubería de asbesto cemento de 350 mm de diámetro, conduce agua cruda del desarenador hasta la estación de bombeo. La capacidad de la tubería es un caudal de 80 l/s.

4.4.3. Estación de bombeo de agua cruda

Este sistema bombea agua cruda desde la cota 87.98 m.s.n.m hasta la planta de tratamiento, a través de una línea de impulsión de asbesto cemento de 200 metros de longitud y 300 mm de diámetro.



4.4.4. Planta de tratamiento

La planta de tratamiento de Nicoya fue diseñada en el año 1975 por la compañía INDECA Limitada y se terminó de construir en el año 1979. Empezó a funcionar a principios de 1980, fecha en la cual se sometió a varias modificaciones, las cuales fueron básicamente el cambio del sistema de salida de agua del floculador y la distribución a los sedimentadores en los cuales, además, se cambió la posición de las placas de asbesto-cemento y el sistema de recolección de agua sedimentada.

La planta consta de los procesos de mezcla rápida hidráulica por medio de una canaleta Parshall, floculación hidráulica de flujo horizontal, tres sedimentadores laminares de flujo ascendente y cuatro filtros rápidos de tasa declinante con medio de filtración doble de arena y antracita. Como obras complementarias se encuentran la casa de operaciones, dos estaciones de bombeo, una de agua cruda y otra de agua tratada ubicada en el tanque de aguas claras, posterior a los filtros.

Las aguas tratadas son conducidas a un tanque de aguas claras de 120 m³ de capacidad, ubicado junto a la planta de donde se bombea el agua tratada.

- Características de la planta

- La planta tiene un caudal de diseño de 60 litros/segundo.

- Los meses del año en los que se da esta condición, diciembre-abril.

- Componentes de la planta de tratamiento

La planta de tratamiento se compone de los siguientes procesos:



a)Pre-cloración

Su función básicamente es el control bacteriológico. Se emplean dosificadores de cloro gaseoso. Los cilindros de cloro y los cloradores, se encuentran en la sala de cloración del edificio de operaciones de la planta y atienden además las necesidades de post-cloración.

b)Mezcla rápida

Este proceso realiza la dispersión adecuada del coagulante (sulfato de aluminio). Se realiza hidráulicamente, en una canaleta Parshall que simultáneamente permite el aforo del caudal a la entrada de la planta.

c) Floculación

Es el proceso en el cual se efectúa la formación de los flóculos. En el cuadro N° 43 se muestra las características físicas e hidráulicas de esta unidad.

d)Sedimentadores

Luego de pasar el agua por el floculador, pasa a los sedimentadores. La planta de tratamiento dispone de tres de estas unidades, con placas inclinadas, cada una de las cuales opera a una tasa de $130 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día}$. De alta velocidad de separación. Con un área de cada sedimentador, de 7.1 m^2 .

Cuadro N° 42

Floculación hidráulica planta de Nicoya

	Unidad	Zona I	Zona II	Zona III
Caudal	m ³ /seg	0.050	0.050	0.050
Espaciamiento Libre "e"	m	0.17	0.20	0.25
Nº de compartimentos n=L/e	Nº	29	23	18
Altura útil "h"	m	-1.23	1.23	1.23
Ancho "B"	m	2.70	2.70	2.70
Longitud útil nominal L=n*e	m ³	4.93	4.6	4.5
Volumen útil "V"=L*B*h	seg	16.37	15.28	14.94
Período retención "t"=V/Q	m ²	327.40	305.6	299
Velocidad V=Q/A	m/seg	0.209	0.246	0.308
Área mojada A=e*h	m	0.239	0.203	0.162
V ² /2g	Nº	0.0029	0.0021	0.0013
Nº de Baffles "nB"	m	28	22	17
Longitud total Lt=n*e + 0.006*nB	m	5.098	4.732	4.602
Pérdida de carga h'f=3*(V ² /2g)n	m	0.253	0.144	0.0072
Perímetro mojado P=e + 2h	m	2.63	2.66	2.71
Radio hidráulico R= A/p	m	0.079	0.092	0.114
Longitud del canal Lc= Bn	m	78.3	62.1	48.6
Pérdida en el canal h''f=((0.012V) ² *Lc)/R ^{4/3}	m	0.0189	0.00882	0.0033
Hf=hf'+h''f		0.272	0.153	0.075
Gradiente = 3119 √Hf/t	Seg ⁻¹	90	70	49
Σ(hf + h''f)= 0.500				

e) Filtros

La planta cuenta con cuatro filtros rápidos de lecho doble, flujo descendente, alojados en una caja de concreto de 3.90 m de profundidad, dotada de las estructuras auxiliares para admisión y desagüe. Con un área de 5.4 m²

El sistema de drenaje y distribución del agua de lavado está constituido por bloques de arcilla vitrificada de tipo “Leopold”. El lecho de soporte está formado por capas de grava de diferente granulometría, cada una de 5 cm de espesor.

Los lechos filtrantes constan de:

- a) Una capa inferior de arena de 0.15 m de espesor, tamaño efectivo 0.50 mm y coeficiente de uniformidad de 1.5 mm.
- b) Una capa de antracita de 0.50 m de espesor, tamaño efectivo 1.0 mm y coeficiente de uniformidad de 1.5.

El agua sale de cada filtro, directamente a una estructura auxiliar de 4.20 m³ de capacidad, con la cual el filtro es lavado, por inversión del flujo, mediante el manipuleo de las dos compuertas del mismo (admisión y desagüe).

Esta estructura auxiliar sirve además de canal de recolección, para pasar directamente las aguas al tanque de aguas claras.

f) Post-cloración

Este proceso complementa el tratamiento para mantener una concentración de cloro residual adecuada, en cualquier punto de la red de distribución.

- Tanque de almacenamiento de aguas claras

Contiguo a los filtros, está un tanque enterrado, de concreto, con capacidad para 120 m³ que almacena las aguas tratadas, antes de ser bombeadas a la red de distribución y al tanque de almacenamiento.

- **Bombeo de aguas claras**

Aledaño a las instalaciones de la planta de tratamiento opera un sistema de bombeo que consiste en un pequeño cisterna y cuatro equipos de bombeo de los cuales tres operan normalmente (40 HP c/u) y uno es de funcionamiento alterno de (75 HP) actualmente se bombea contra la red a través de la línea de impulsión.

- **Aplicación de coagulantes**

Se le aplica Sulfato de aluminio granulado líquido por gravedad como coagulante, al agua filtrada se le aplica cloro gaseoso como desinfectante.

- **Equipo electromecánico necesario para la operación de la planta**

Este equipo está conformado por una bomba para lavado y 4 para impulsión hacia la ciudad.

- **Operación y Mantenimiento**

En la operación de unidades y equipos para plantas de filtración rápida se utilizan dispositivos de medición de caudal, mezcla rápida y floculadores.

La forma de lavado es la siguiente: se evacua el agua y se aplica agua a presión, luego se aplica solución de H.T.H, con escobón cada 8 días

- Sedimentadores en operación regular

La evacuación de lodos y su frecuencia es igual que los floculadores.

- Filtros:

Velocidad de filtración teórica en filtros de tasa declinante

Velocidad de diseño: 240 metros cúbicos/metro cuadrado/día

- Lavado de filtro

Otro tipo de indicador: se lava cada 24 horas.

El sistema de lavado se realiza solo con flujo ascendente solo.

En una gira realizada a la planta de tratamiento se observó que el caudal que entra es de 42 l/s y el que sale de 32 l/s; los filtros estaban acolmatados, al haber tan poco caudal para la distribución no se podían limpiar los filtros.

- Sistema de bombeo

El sistema cuenta con dos estaciones de bombeo: la estación de bombeo de aguas no tratadas ubicada en la margen izquierda de la Quebrada Matabuey, a 50 m de la toma en el río Potrero, la estación de bombeo de aguas tratadas, situada junto a la planta de tratamiento

y las tres bombas correspondientes a los pozos de Curime, el plantel y el estadio respectivamente.

El agua llega a la estación de aguas crudas a través de una tubería de HF de 300 mm de diámetro y sale de ésta por una tubería de HF de 200 mm hacia la planta de tratamiento y la estación de bombeo de aguas tratadas. De la segunda estación sale una línea de AC, con diámetro de 300 mm que conduce toda el agua producida.

El problema que se le presenta al bombeo de aguas claras consiste en que el equipo está diseñado para trabajar con un caudal constante; al ser el sistema de bombeo contra la red el equipo se ve forzado a trabajar a velocidad constante contra un caudal variable, lo cual es perjudicial para las bombas, además podrían funcionar dentro de rangos de eficiencia lejanos al óptimo.

El sistema de bombeo en la ciudad de Nicoya debe estar preparado para asimilar cualquier falla, sin que se interrumpa el funcionamiento del mismo, pues de éste depende esencialmente el abastecimiento de agua de la ciudad, porque el agua es la única fuente que alimenta al acueducto debe ser impulsada por estos equipos para que pueda llegar a la red de distribución y al tanque de cola, esto hace muy vulnerable el sistema a la falla de los equipos de bombeo.

Los equipos de bombeo con los que cuenta el Acueducto de Nicoya son los siguientes:

- Equipo del sistema de bombeo de aguas no tratadas

El primero consiste en dos motores eléctricos, eje vertical, marca Baldor, modelo SPEC 37805X33 con voltajes de 30-28/14, de tres fases, 60 HZ, 10 HP, 1 725 rpm, Framme 215 TO. El segundo, consiste en tres bombas centrífugas, de eje vertical, tipo turbina, de

dimensiones de 100 mm, H.N. para cada bomba con expansión a 200 mm, H:N (tubo de impulsión). Una de estas bombas funciona como equipo alterno.

- Equipo del sistema de bombeo de aguas tratadas

- I. El primero consiste en tres motores eléctricos, de eje vertical, marca General Electric, modelo 5K6236XM500A, series: HMJ818293, HMJ223293, HMJ928298, voltaje 230/460 voltios, amparaje 96/48 amp, 40 Hp, 1 765 rpm, de tres fases, 60 HZ.
- II. El segundo, en tres bombas centrífugas, marcas Peerless Pump, modelo TLB-4, 3 460 rpm, de cuatro etapas.

4.4.6. Sistema de distribución existente

- Tanque de almacenamiento

En el cuadro N° 43 se muestran las características de los tanques con las que cuenta el sistema.

El volumen de almacenamiento total es de 675 m³, lo cual corresponde a un 10.87% del volumen diario suministrado por el sistema, este volumen es inferior al volumen de almacenamiento requerido para cumplir con el volumen de regulación, incendio y reserva para interrupciones, 2 324.63 m³.

El volumen del tanque de planta no puede tomarse en cuenta si falla el fluido eléctrico

Cuadro N° 43

Tanques de almacenamiento de Nicoya

Nombre	Ubicación	Elevación de fondo (msnm)	Capacidad total (m³)	Material	Tipo	Fecha construcción
Nuevo	Cerro Caldera	164	1000	Concreto	Semienterrado	1978
La Cananga (fuera de operación)	La Cananga	147	100	Concreto	Elevado	1953
Planta	Planta de tratamiento	95	120	Concreto	Enterrado	1979

- Tuberías

El cuadro N° 44 resume el total de tuberías, que suman 30 906 metros, de los cuales sólo el 8.57% es inferior a los 100 mm. En la figura N° 40 se muestra la distribución porcentual de las tuberías según el diámetro, el más alto porcentaje 41% son tuberías de 100 mm. La mayoría de las tuberías existentes en Nicoya son de A.C (39.73%) y PVC (44.16%), estas tuberías son de reciente instalación, fueron colocadas cuando se construyó la red (1978), solo hay un 16.1% de tubería de H.F cuya edad aproximada es de 50 años y en diámetros mayores o iguales a 100 mm en su mayoría.

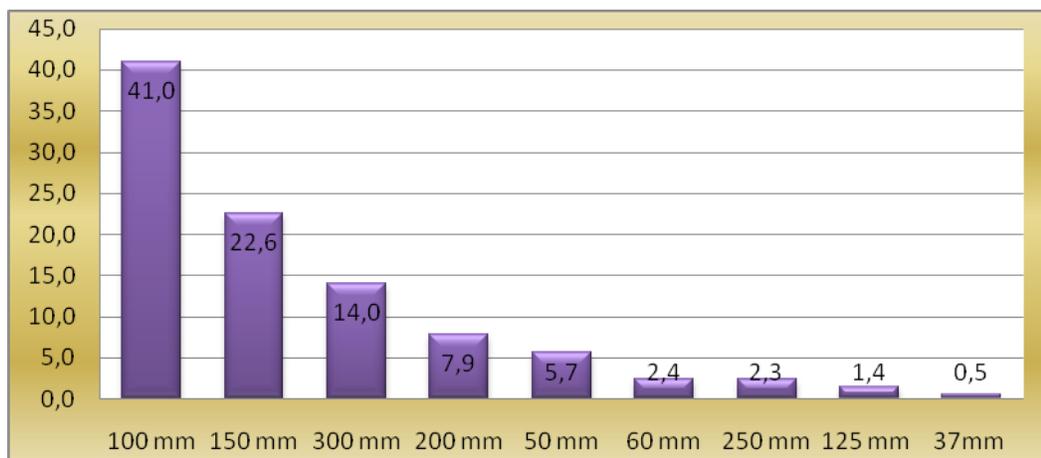
Cuadro N° 44

Longitud y material de las tuberías en el área de estudio

DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (m)			TOTAL	%
	A.C	H.F	P.V.C		
300	5 260			5 260	14.02
250	722			722	2.34
200	1 098	1 092		2 190	7.86
150	4 696	2 286		6 982	22.59
125		432		432	1.40
100	502	1 092	11 078	12 672	41
60			742		2.40
50			1764		5.71
37		78	64		0.46
TOTAL	12 278	4 980	13 648	30 906	100%
%	39.73	16.11	44.16		

Figura N° 38

Distribución porcentual de las tuberías según el diámetro en el acueducto de Nicoya



- **Hidrantes**

Los hidrantes existentes están distribuidos de manera que cubren gran parte del área urbana.

La ubicación actual de los hidrantes excede el radio de acción máximo permitido por las normas de AyA (180 m), pero en si se colocaran hidrantes en todas las previstas existentes se podría solventar este problema de gran parte.

- **Válvulas**

La red de distribución posee un apropiado sistema de válvulas. El número de éstas y su ubicación permiten controlar el sistema adecuadamente: aislar sectores de poca extensión e inclusive tuberías entre nudos en caso de reparaciones y emergencias.

4.4.9. Funcionamiento actual del sistema

- **Distribución de los caudales**

El agua proveniente de la captación en el río Potrero, es impulsada por la estación de bombeo de aguas crudas hacia la planta, luego de tratada va al tanque cisterna ubicado junto a la planta de tratamiento y de éste es impulsada por la otra estación de bombeo para que sea distribuida el agua en la red o llegue al tanque de cola. El agua de la planta sale a través de una tubería de asbesto cemento de 300 mm de diámetro.

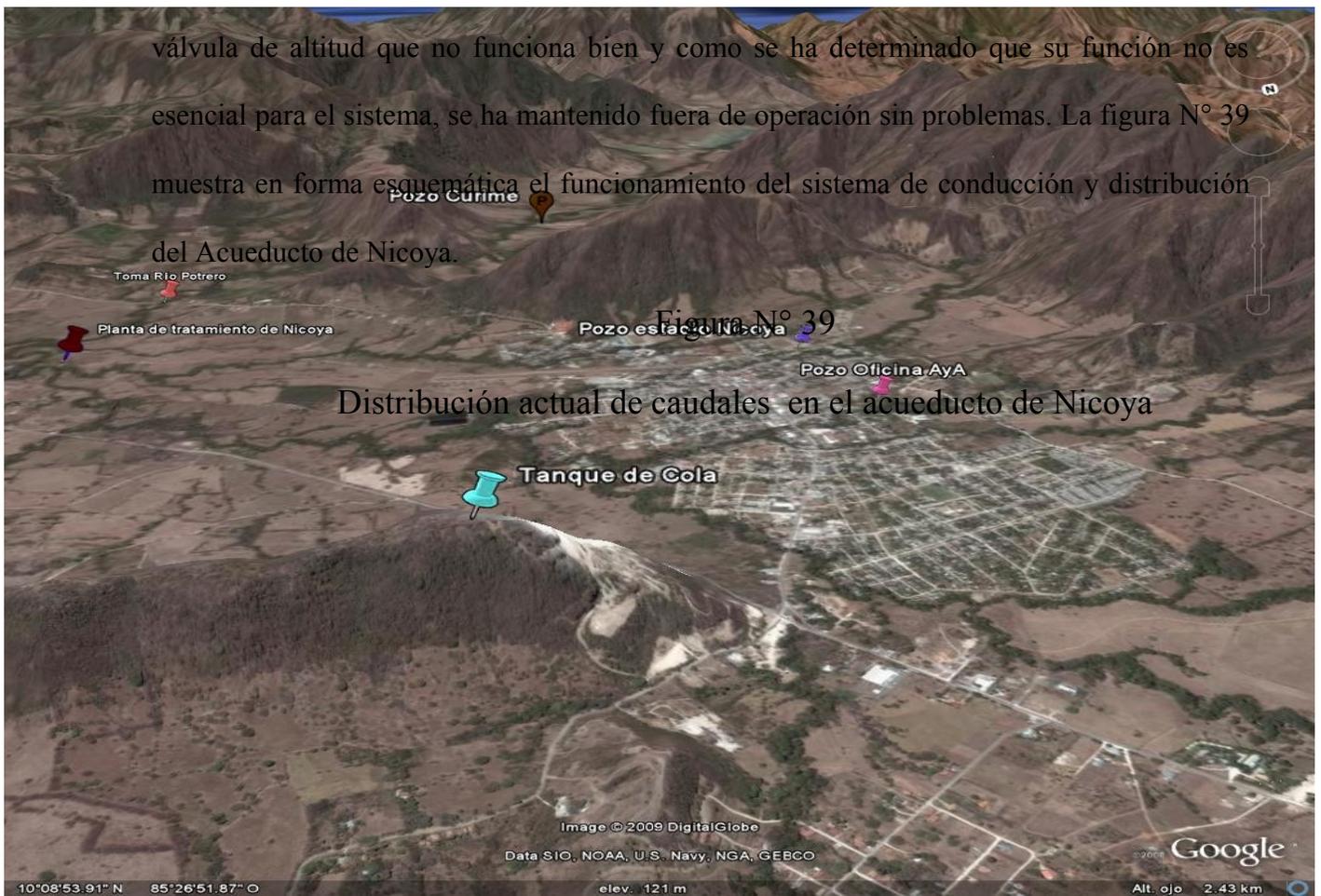
Esta línea de conducción y distribución llega a la ciudad, la atraviesa de sur a norte distribuyendo agua en la red, cuando la demanda es menor que la producción el excedente continúa hacia el tanque Nuevo en el Cerro Caldera, donde se almacena. El tanque una vez

que alcanza su capacidad, si no se produce ningún cambio en el consumo se continúa llenando y se produce un rebalse, a causa de que no existe una válvula adecuada que impida el ingreso de agua al tanque una vez lleno, carece también de un mecanismo de telemetría que detecte el aumento de carga en el tanque y permita, al operador, regular el bombeo o que automáticamente éste cese. El equipo necesario para que funciones la telemetría fue instalado, sin embargo, no funciona actualmente.

En las horas de máximo consumo, donde la demanda supera la producción, el agua almacenada en el tanque de cola empieza a funcionar como reguladora de los picos de máxima demanda. La ciudad entonces es abastecida desde dos puntos, la zona baja se alimenta del agua proveniente de la planta y la zona alta se provee del agua almacenada en el tanque, la cual es conducida por gravedad a la Ciudad. El agua sale y entra al tanque por la misma línea de conducción.

El tanque de la Cananga actualmente no está en funcionamiento, está provisto de una

válvula de altitud que no funciona bien y como se ha determinado que su función no es esencial para el sistema, se ha mantenido fuera de operación sin problemas. La figura N° 39 muestra en forma esquemática el funcionamiento del sistema de conducción y distribución del Acueducto de Nicoya.



5.1. Análisis de fuentes de producción para abastecimiento

La Ciudad de Nicoya presenta un déficit de agua potable, dado que la oferta es insuficiente para la demanda actual y futura. Por lo tanto se necesita buscar otras fuentes de producción.

Las posibles fuentes alternas de las que se puede abastecer el sistema son: el río Grande, el río Quirimán, el río Nosara y la perforación de pozos en el Acuífero Potrero-Caimital. El río Potrero en conjunto con tres pozos, abastecen actualmente la demanda de agua potable a la Ciudad de Nicoya.

El proyecto de abastecimientos de agua potable para la Ciudad de Nicoya consiste en brindar una demanda de caudal máximo diario de 133,13 l/s para el año 2033.

5.1.1 Abastecimiento desde el río Quirimán y acuífero Potrero-Caimital

Consiste en captar el caudal requerido para satisfacer la demanda máxima diaria 133,13 l/s del río Quirimán, conducirlo al sistema actual de la planta de tratamiento y la perforación de pozos en el Acuífero Potrero-Caimital.

Se consideran tres posibles puntos de captación de las aguas en el río Quirimán, ubicados a diferentes elevaciones.

5.1.2. Posibles sitios de toma

- Río Quirimán

Se estudia la capacidad del río Quirimán en dos posibles sitios:

- a) En Lajas, elevación 150 m.s.n.m.
- b) En Paso La Virginia, elevación 105 m.s.n.m.

No se tomarán en cuenta las elevaciones 170 m.s.n.m debido a que el caudal mínimo en esta elevación es menor al requerido.

- Río Nosara

Las Juntas, elevación 70 m.s.n.m.

Cuadro N° 45

Caudales mínimos en río Quirimán

Elevación (msnm)	Q mínimo (l/s)	Fecha
170	23	19/05/98
150	46	19/05/98
105	44	13/03/95
70	78	19/05/98

Cuadro N° 46

Caudales máximos en río Quirimán

Elevación (msnm)	Q mínimo (l/s)	Fecha
170	2637	25/08/98
150	8593	25/08/98
105	16450	25/09/07
70	10890	22/08/96

Cuadro N° 47

Caudales mínimos en río Nosara

Elevación (msnm)	Q mínimo (l/s)	Fecha
70	78	19/05/98

Cuadro N° 48

Caudales máximos en río Nosara

Elevación (msnm)	Q mínimo (l/s)	Fecha
70	10890	22/08/96

Los perfiles y el nivel piezométrico para el diseño de estas opciones se muestran en las Figuras N° 40 a la N° 48.

- Caudal requerido

El caudal máximo diario requerido para el año 2033 es de 133.13 l/s, el caudal de bombeo es de

$$\frac{(82 \text{ l/s} * 24 \text{ h})}{15 \text{ h}} = 133,13 \text{ l/s}$$

5.1.3. Descripción de las alternativas

- Opción 1: Abastecimiento río Nosara

Consiste en extraer 120 l/s del río Nosara en Las Juntas, aproximadamente a 70 m.s.n.m, aguas abajo de su confluencia con el río Quirimán, bombear el agua hacia una distancia de 2.13 km hasta un tanque de carga en el Cerro Copetón (200 m.s.n.m) y después transportarla por gravedad a la planta de tratamiento a una distancia de 19.87 km. El largo de la línea de conducción es de 22 km.

Equipar el pozo de Caimital (ya perforado), con un caudal de 12 l/s, e interconectar este pozo al sistema.

Incrementar el volumen de almacenamiento mediante la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento, con una elevación de 210 m.s.n.m, en el colegio Agropecuario de Nicoya.

- **Opción 2: Abastecimiento río Quirimán**

Consiste en extraer 80 l/s del río Quirimán en la elevación 105 m.s.n.m, la línea de impulsión es a lo largo de la carretera entre Virginia y la planta de tratamiento existente en Nicoya, tiene una distancia de 7 km hasta un tanque en Dulce Nombre (170 m.s.n.m), después, por gravedad, a la planta, a una distancia de 10 km. Entonces, todo el largo de la línea de conducción es de 17 km.

Incrementar la capacidad de producción mediante el equipamiento del pozo de Curime (ya perforado), con un caudal de 12 l/s y perforar tres pozos de 11 l/s cada uno, en el área de la CARCa y perforar dos pozos de 9 l/s cada uno en el sector de la CARPo, e interconectar estos pozos al sistema.

Aumentar el volumen de almacenamiento mediante la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento, con una elevación de 210 m.s.n.m, en el colegio Agropecuario de Nicoya.

- **Opción 3: Abastecimiento río Quirimán**

Consiste en extraer un caudal de 90 l/s del río Quirimán, a la elevación 150 m.s.n.m cerca de la población de Lajas, bombearlo directamente hasta la elevación 300 m.s.n.m (Cerro Brujo), tiene una distancia de 3 Km hasta un tanque en el cerro Brujo y después por gravedad hasta la planta de tratamiento a una distancia de 15 Km. Entonces, todo el largo de la línea de conducción es de 18 km.

Equipar el pozo de Curime (ya perforado), con un caudal de 12 l/s, y perforar dos pozos de 14 l/s cada uno en el mismo sector, en el área de la CARPo e interconectar estos pozos al sistema.

Ampliar el volumen de almacenamiento mediante la construcción de un nuevo tanque de almacenamiento, con una elevación de 210 m.s.n.m, en el colegio Agropecuario de Nicoya.

5.1.4. Abastecimiento desde el río Grande

Los pobladores de la zona afirman que este se seca, aparte de que atraviesa la Ciudad y de que recibe la descarga de las aguas negras de la misma con la consiguiente contaminación. Por estas razones el río Grande o Morote no se considera adecuado como posibilidad para abastecer de agua potable a la ciudad de Nicoya.

Figura N° 40

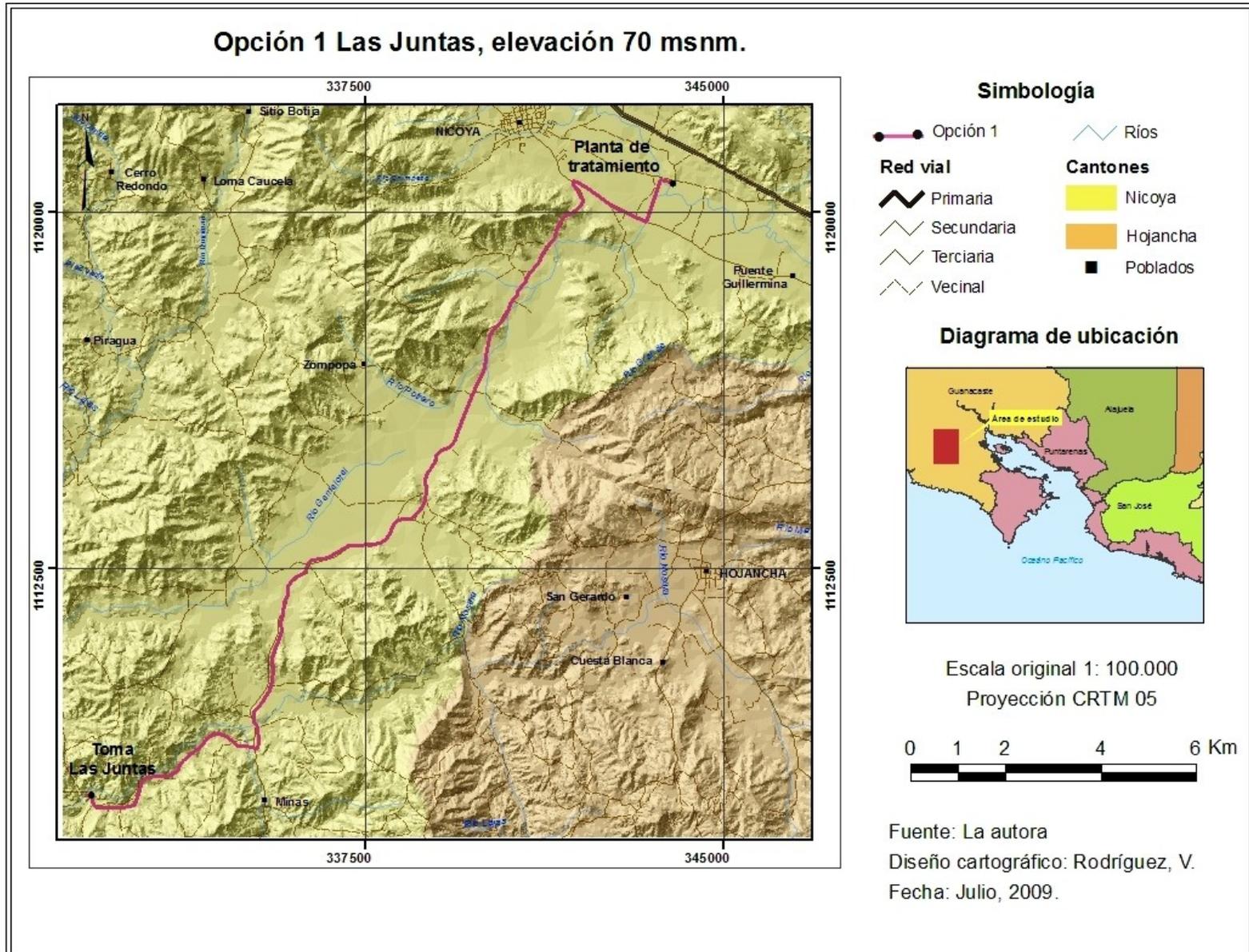


Figura N° 41

Opción N° 1

Abastecimiento desde el río Quirimán – Nosara en elevación 70 m.s.n.m

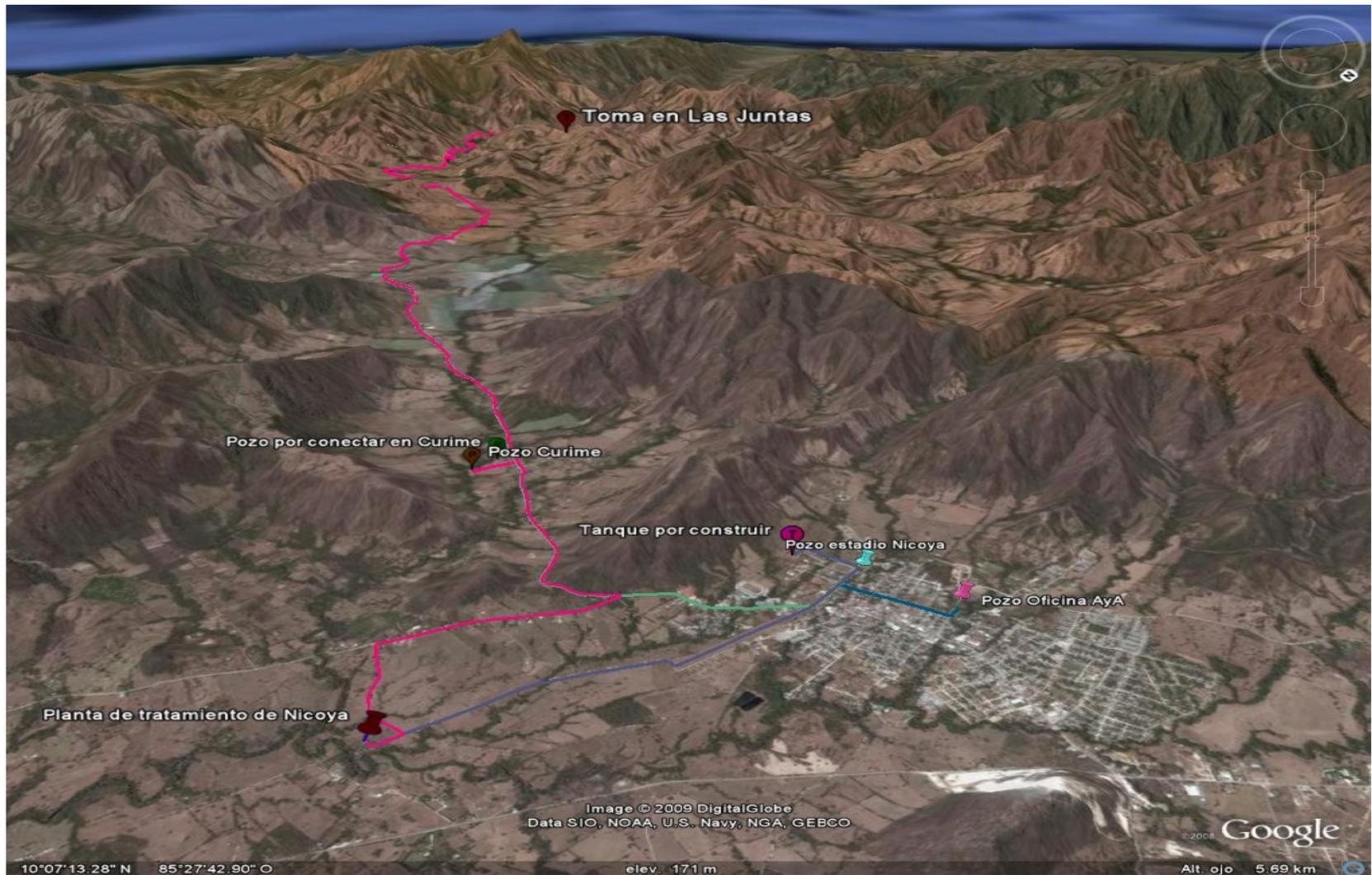


Figura N° 42

Opción N° 2

Abastecimiento desde el río Quirimán en elevación 105 m.s.n.m

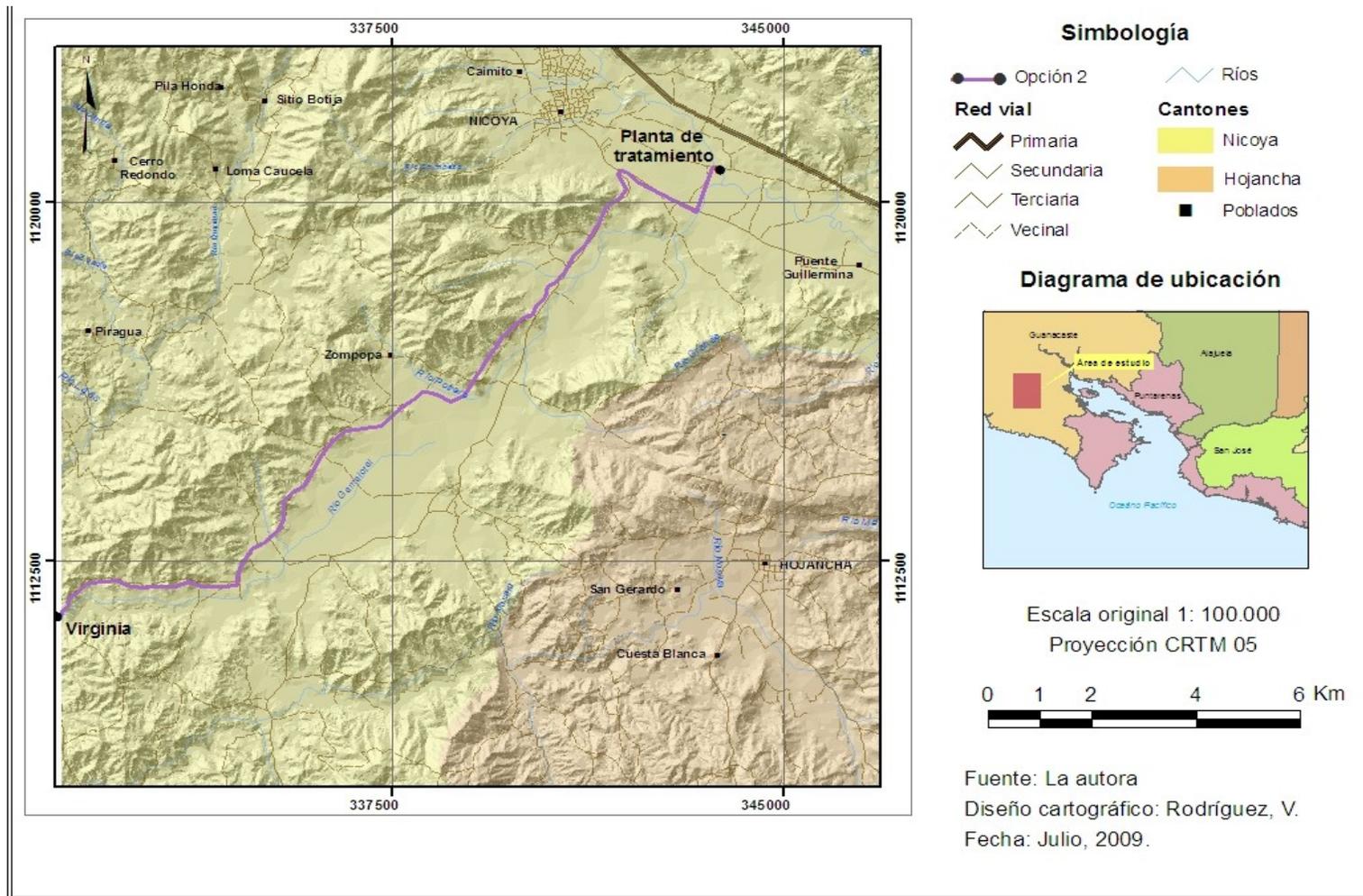


Figura N° 43

Opción N° 2

Abastecimiento desde el río Quirimán en elevación 105 m.s.n.m

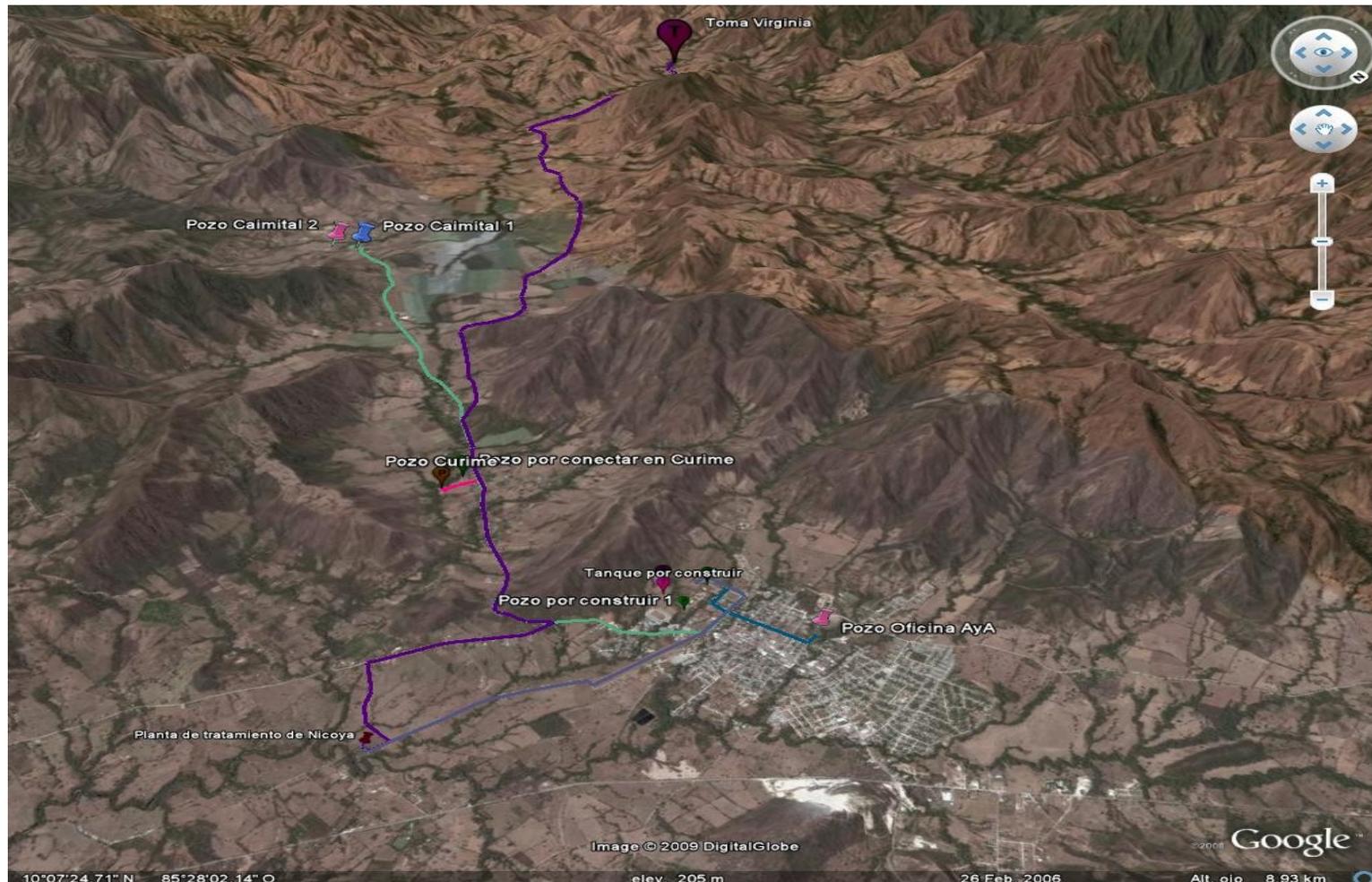


Figura N° 44

Opción N° 3

Abastecimiento desde el río Quirimán en elevación 150 m.s.n.m

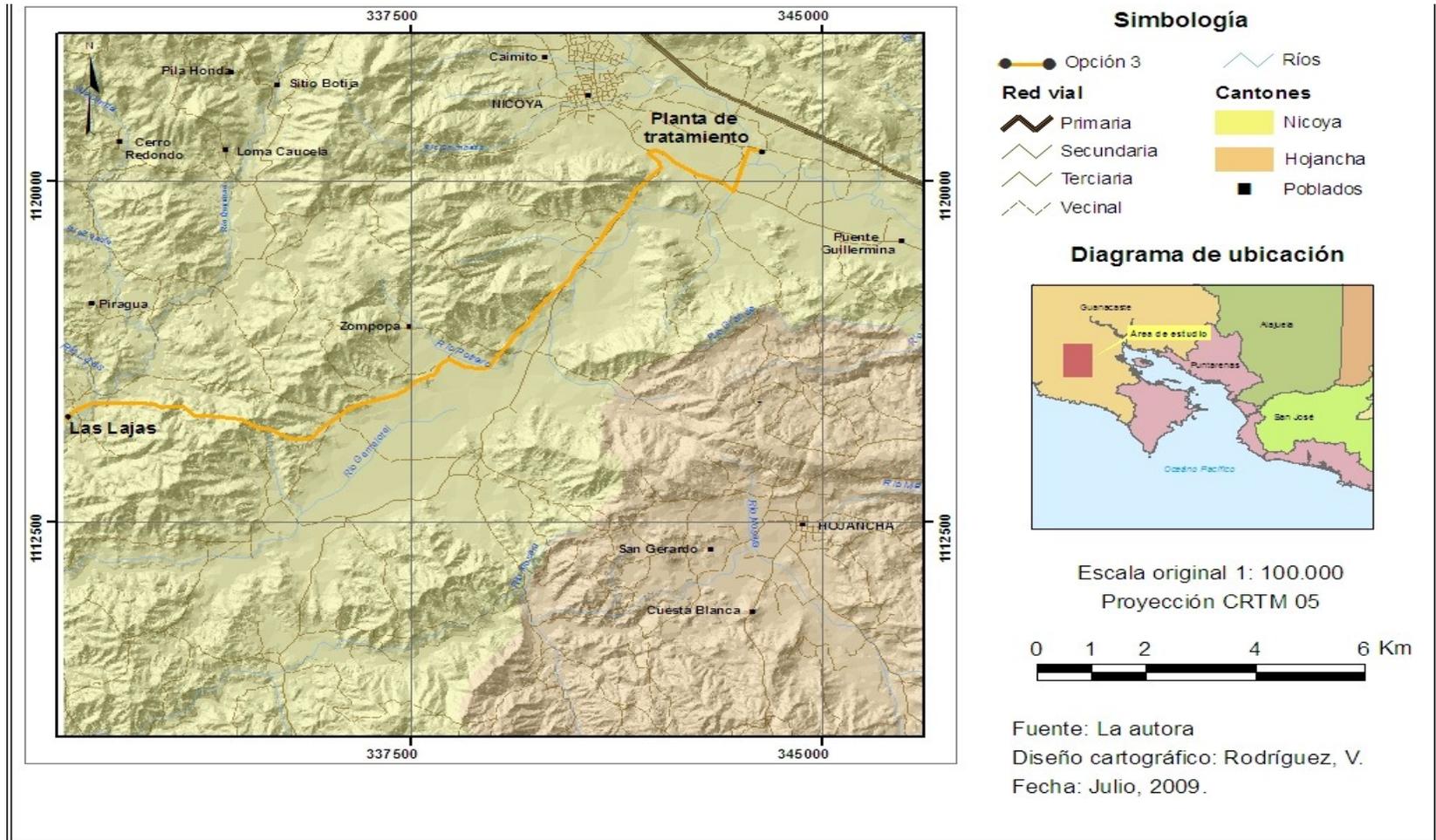


Figura N° 45

Opción N° 3

Abastecimiento desde el río Quirimán en elevación 150 m.s.n.m

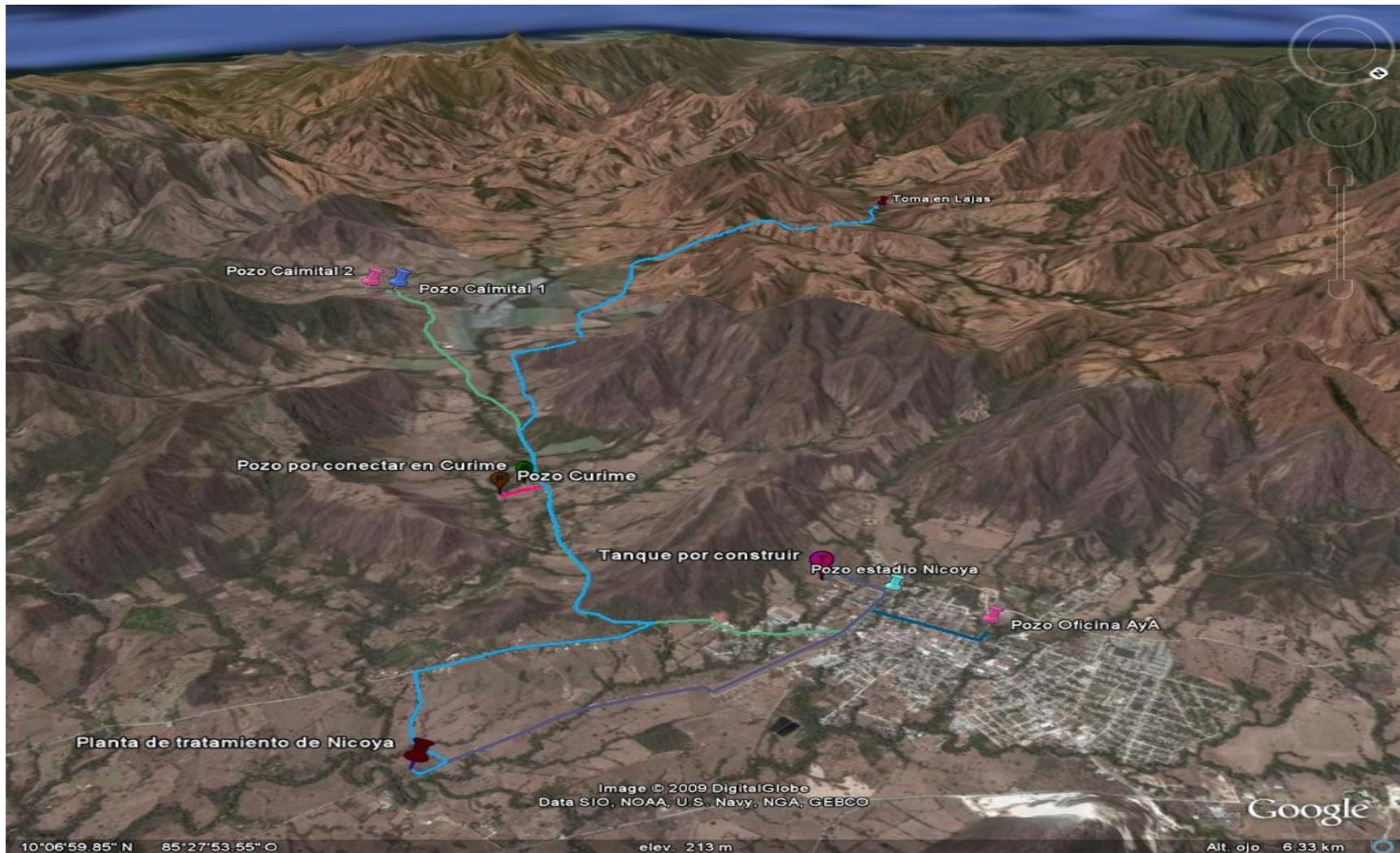


Figura N° 46

Perfil Opción N° 1

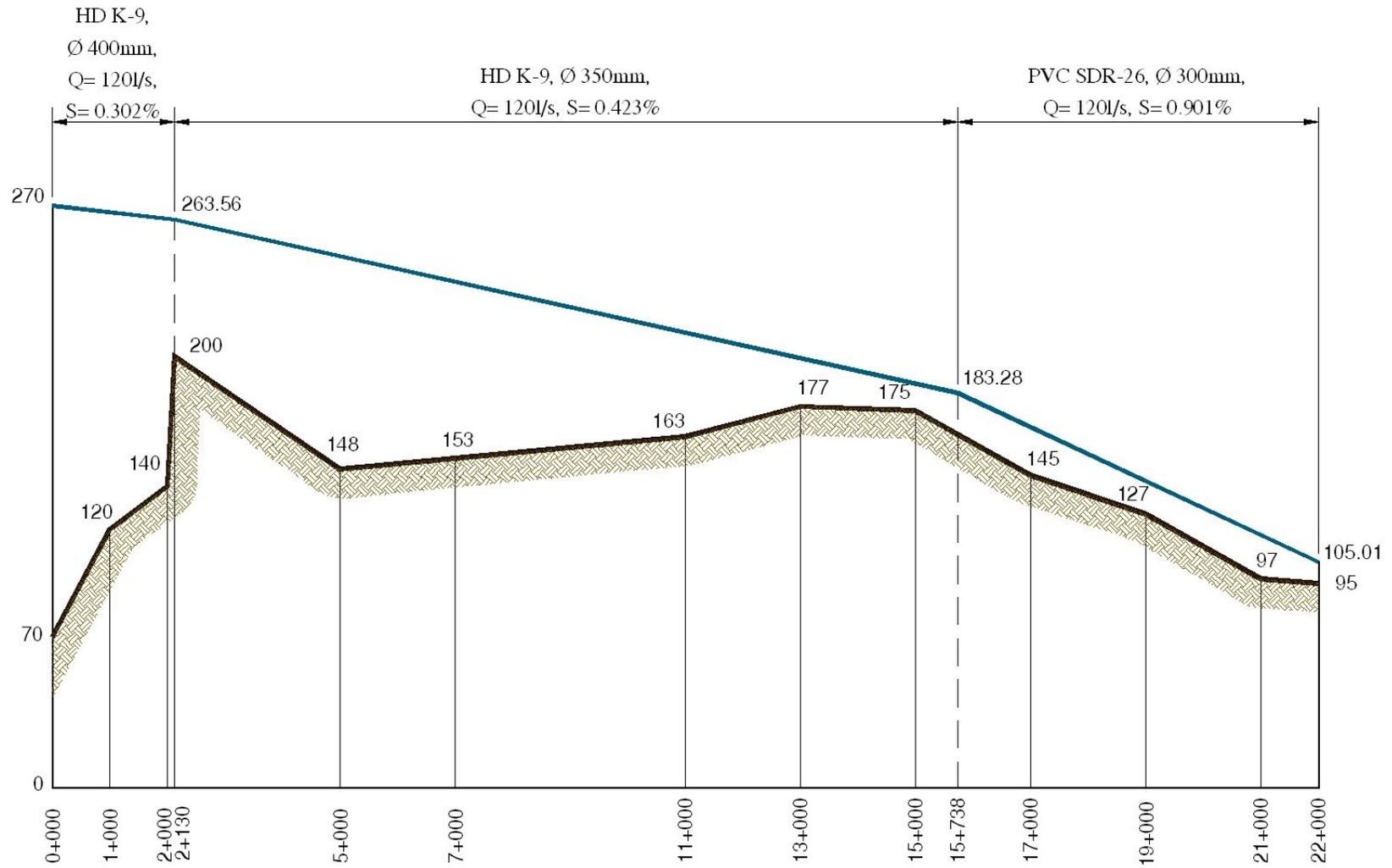


Figura N° 47

Perfil Opción N° 2

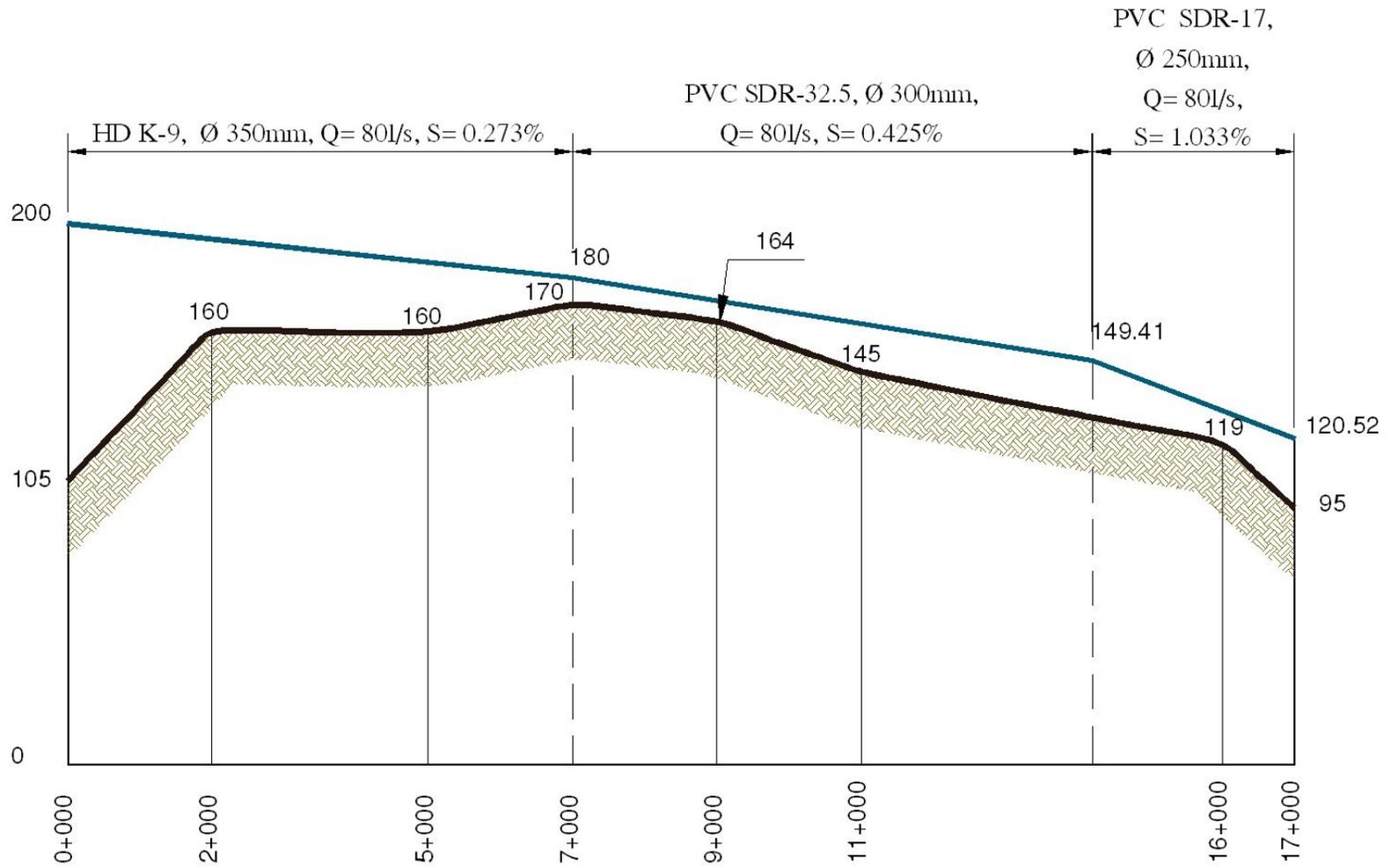
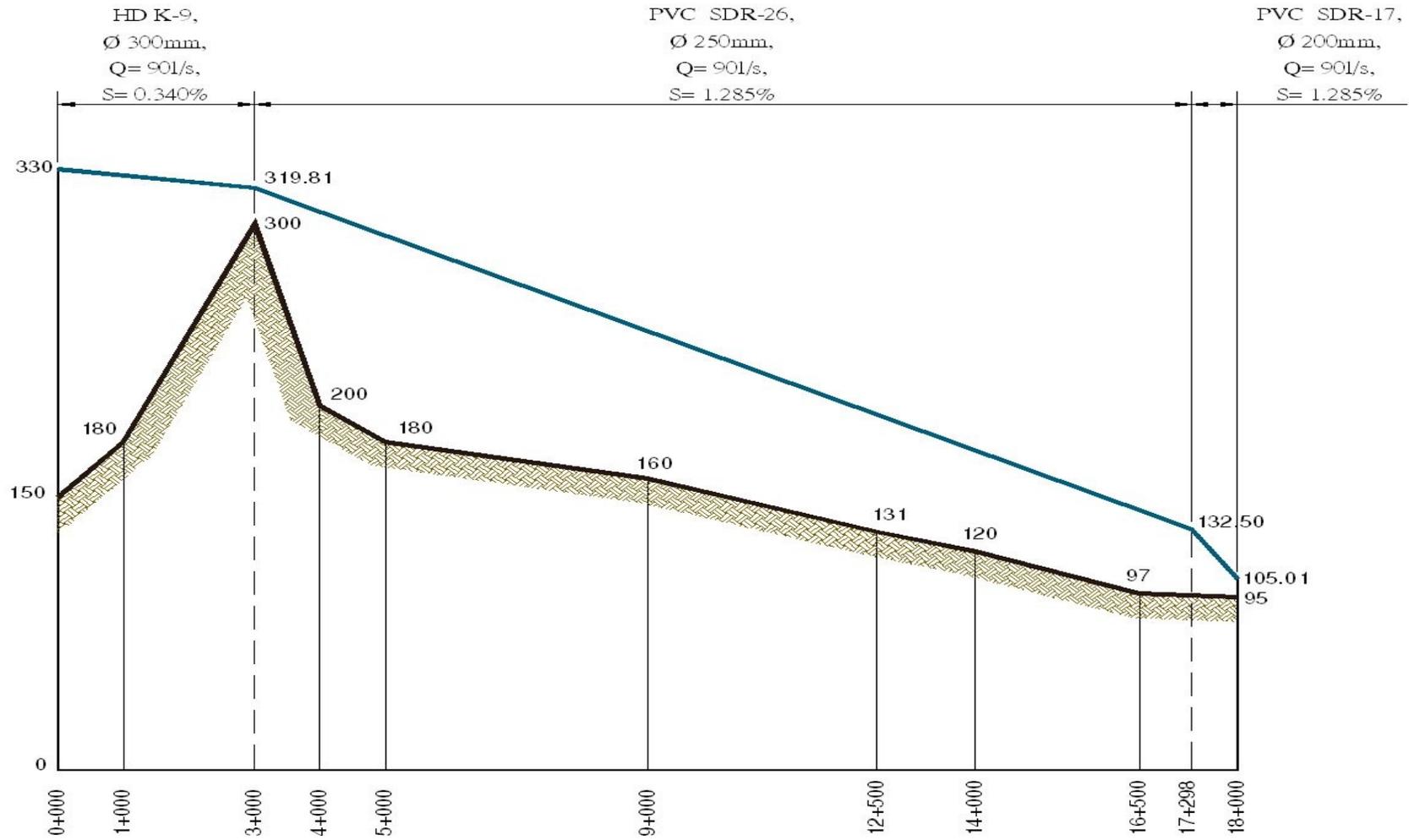


Figura N° 48

Perfil Opción N° 3



Cuadro N° 49

Diseño de conducción para opción 1

Tramo	Estación Anterior	Estación Posterior	Elevación Anterior	Elevación Posterior	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	C	Gradiente Hidráulico	Hf (m)	V (m/s)
1	00+000	01+000	70	120	1000	400	HD	110	0.18%	1.79	0.71
2	01+000	02+000	120	140	1000	400	HD	110	0.18%	1.79	0.71
4	02+000	02+130	140	200	130	400	HD	110	0.18%	0.23	0.71
5	02+130	5+000	200	148	4870	350	HD	110	0.18%	8.73	0.93
6	5+000	7+000	148	153	2000	350	HD	110	0.18%	3.58	0.93
7	7+000	11+000	153	163	4000	350	HD	110	0.18%	7.17	0.93
8	11+000	13+000	163	177	2000	350	HD	110	0.18%	3.58	0.93
9	13+000	15+000	177	175	2000	350	HD	110	0.18%	3.58	0.93
10	15+000	17+000	175	145	1262	300	PVC	130	0.18%	2.26	1.27
11	17+000	19+000	145	127	2000	300	PVC	130	0.18%	3.58	1.27
12	19+000	21+000	127	97	2000	300	PVC	130	0.18%	3.58	1.27
13	21+000	22+000	97	95	1000	300	PVC	130	0.18%	1.79	1.27

Cuadro N° 50

Tramo	Estación Anterior	Estación Posterior	Elevación Anterior	Elevación Posterior	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	C	Gradiente Hidráulico	Hf (m)	V (m/s)
1	00+000	02+000	105	160	2000	350	HD	110	0.27%	5.47	0.83
2	02+000	5+000	160	160	3000	350	HD	110	0.27%	8.2	0.83
4	05+000	7+000	160	170	2000	350	HD	110	0.27%	5.47	0.83
5	07+000	9+000	170	164	2000	300	PVC	130	0.43%	8.5	1.13
6	09+000	11+000	164	145	2000	300	PVC	130	0.43%	8.5	1.13
7	11+000	16+000	145	119	5000	250	PVC	130	1,03%	51,65	1,63
8	16+000	17+000	119	95	1000	250	PVC	130	1,03%	10,33	1,63

Diseño de conducción para opción 2

Cuadro N° 51

Diseño de conducción para opción 3

Tramo	Estación Anterior	Estación Posterior	Elevación Anterior	Elevación Posterior	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	C	Gradiente Hidráulico	Hf (m)	V (m/s)
1	00+000	01+000	150	180	1000	300	HD	110	0.34%	3.4	0.93
2	01+000	03+000	180	300	2000	300	HD	110	0.34%	6.8	0.93
4	03+000	04+000	300	200	1000	250	PVC	130	1285%	12.85	1.83
5	04+000	05+000	200	180	1000	250	PVC	130	1285%	12.85	1.83
6	05+000	09+000	180	160	4000	250	PVC	130	1285%	51.96	1.83
7	09+000	12+500	160	131	3500	250	PVC	130	1285%	25.7	1.83
8	12+500	14+000	131	120	1500	250	PVC	130	1285%	25.7	1.83
9	14+000	17+298	120	97	2500	250	PVC	130	3809%	152,38	2,86
10	17+298	18+000	97	95	1500	200	PVC	130	3809%	38,09	2.86

5.2. Análisis económico

Se ha realizado un análisis de costos comparando el valor, los costos totales (directos e indirectos) de los elementos no comunes de las dos alternativas estudiadas.

Para este análisis, según corresponda, se han considerado los costos de los rubros:

- Costos de Infraestructura
- Costos de energía
- Reactivos por tratamiento

Los valores unitarios para la determinación de costos de infraestructura, en su mayoría, fueron suministrados por el AyA. Para las alternativas por bombeo, se usarán las velocidades económicas.

Para efectos de análisis de sensibilidad se han determinado los costos de cada alternativa, considerando las diferentes combinaciones de:

- Periodo de análisis: 25 años
- Tasa de interés: 8, 10, 12% anual
- Moneda: US \$ dólares
- Costo de la energía⁴: 0.06; 0.08; 0.1. US \$ / Kw – h.

⁴ El rango de 0.06 a 0.1. US \$ / Kw – h, se considera el adecuado a la luz de los incrementos de precio de los últimos años y los precios actuales (La Valencia 0.05 US \$ / Kw – h, CNFL y Puente Mulas 0.41 US \$ / Kw – h, ICE), así como de los precios del resto de

En ingeniería económica, el análisis de las alternativas para un proyecto de abastecimiento de agua potable, corresponde a un ejemplo típico de análisis de alternativas mutuamente excluyentes. En estos casos, los beneficios que se lograrán con el desarrollo de cualquiera de las alternativas identificadas para el proyecto son los mismos; y el análisis se limita exclusivamente a la comparación de los costos, e incluso, solamente al análisis de los costos que son diferentes entre las alternativas, sean estos de inversión, de operación y de mantenimiento.

Normalmente, con base en un amplio conocimiento de las alternativas, para cada una, se elabora un flujo financiero que refleje los costos anuales no comunes entre ellas. Finalmente, los flujos correspondientes a cada alternativa se traen a valor presente (o a costo anual equivalente), lo cual permite la comparación entre ellas.

El proceso se completa con el análisis de sensibilidad, que busca identificar el efecto producido en el resultado, por la variación de las tasas de interés. Si para todas las tasas de interés utilizadas en la sensibilidad, el resultado es el mismo, no existe duda de que debe seleccionarse la alternativa de menor valor presente neto (VPN). Por el contrario, si con la variación de las tasas de interés se producen cambios, por ejemplo, si para una tasa de interés del 12%, la alternativa de menor VPN es la N° 1 y para una tasa de interés del 8%, la alternativa de menor VPN es la N° 2, la selección de la mejor alternativa depende de otros criterios

Centroamérica. Aunque no se incluye.

complementarios. Normalmente estos criterios complementarios serán aspectos de orden político, técnico, de riesgo o vulnerabilidad, económico y financiero.

Las tasas de interés utilizadas en el análisis deben reflejar el costo de oportunidad del dinero. En el presente caso se utilizaron tasas de interés del 8, 10 y 12% anual, los cuales presentan un rango razonable del costo de oportunidad en moneda estadounidense, utilizada en el análisis. A manera de ejemplo se indica que los bonos en US \$ de deuda externa de Costa Rica con vencimiento al año 2013 (bonos Costa Rica 13), con una calificación de riesgo medio, están dando un rendimiento ligeramente inferior al 8% anual, mientras que los bonos en US \$ de deuda externa de otros países latinoamericanos, con una calificación de riesgo un poco mas alta, están dando rendimientos del orden del 10 al 12%.

Cuadro # 52

Cuadro resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 12%, energía a 0,06 US\$/kw-h)

Rubro	Lajas	Las Juntas
		(aducción gravedad)
Infraestructura	8 716 804	10 465 680
Energía	293 455	1 525 699
Químicos	180 311	240 416
Total	9 190 570	12 242 115

Cuadro # 53

Resumen de costos a valor presente US \$

Cuadro resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 10%, energía a 0,06 US\$/kw-h)

Rubro	Lajas	Las Juntas (aducción gravedad)
Infraestructura	6 597 533	10 465 680
Energía	1 766 034	339 622
Químicos	278 238	278 238
Total	8 641 805	11 083 540

Cuadro # 54

Resumen de costos a valor presente US \$

Escenario: 25 años, tasa del 8%, energía a 0,06 US\$/kw-h)		
Rubro	Lajas	Las Juntas (aducción gravedad)
Infraestructura	6 597 533	10 465 680
Energía	2 380 154	457 722
Químicos	327 214	327 214
Total	9 304 901	11 250 616

En el Cuadro N° 52 se presenta la condición extrema de las alternativas (tasa del 12%, 0.06 US \$ / Kw – h) el cual indica que en este escenario la opción de menor costo sería la de las Lajas.

En el otro extremo, en el Cuadro 54, se presenta la condición extrema (tasa del 12%, 0.10 US \$ / Kw – h), resulta en este caso, que la opción de menor costo sería la de Las lajas.

Un escenario medio, que se podría considerar representativo, se muestra en el Cuadro 55 (tasa del 12%, 0.08 US \$ / Kw – h), e indica que en este caso la alternativa de Las Lajas sería la de menor costo.

Entonces, según este análisis de costos, se favorece la alternativa de Las Lajas.

5.2.1. Conclusión de la comparación y recomendación para el período 2008-2033

A manera de resumen del análisis expuesto se ha preparado el siguiente Cuadro N°55, donde en forma cualitativa, se muestran los diferentes aspectos evaluados, calificándolos en tres categorías: Alta (A = 1 punto), Media (M = 2 puntos), y Baja (B = 3 puntos). Este cuadro permite fácilmente visualizar los pros y contras relativos de cada alternativa y comprender mejor la escogencia de la alternativa que a juicio de la autora reúne las mejores condiciones. Al pie del Cuadro se explican los elementos de comparación y las tres categorías en que se clasifica cada uno.

Cuadro # 55

Comparación cualitativa de alternativas

Elementos de comparación	Las Lajas	Las Juntas
1. Terrenos y Servidumbres	M	M
2. Aspectos Legales	B	B
3. Vulnerabilidad	M	M
4. Aspectos Ambientales	M	M
5. Operación y Mantenimiento	B	M
6. Costo de elementos no comunes	B	M
Calificación relativa	9	11

1. Terrenos y Servidumbres

Se refiere a la mayor o menor cantidad comparativa de terrenos y servidumbres por obtener. Se cataloga en la forma siguiente: Baja, no se requieren terrenos ni servidumbres; Media: se requieren terrenos para captaciones en ríos, desarenador y planta de tratamiento, Alta: se requieren terrenos y servidumbres en exceso de una alternativa con respecto a la otra. La medida de comparación es metros cuadrados de propiedad y longitud de servidumbres por adquirir.

2. Aspectos Legales:

Se refiere a la mayor o menor dificultad comparativa para obtener los permisos demandados para ejecutar el proyecto. Se cataloga en la forma siguiente: Baja, los permisos por conseguir son los normales, sin dificultad; Media: existen algunos permisos que pudieran ser difíciles de obtener, por ejemplo, ligados a que existieran concesiones que impiden captar el recurso o a que sea necesario negociar la concesión; y Alta: se han identificado permisos y trámites legales difíciles de alcanzar, por ejemplo, obtener un permiso para ejecutar una obra en una área protegida.

3. Vulnerabilidad

Se refiere a la mayor o menor vulnerabilidad comparativa a la que las estructuras están expuestas y a la vulnerabilidad del agua cruda (riesgos antrópicos y estado de la cuenca), Se cataloga en la forma siguiente, Baja: las estructuras del proyecto,

captaciones, desarenadores, conducciones y plantas de tratamiento, no están expuestas a riesgos importantes que periódicamente pongan en peligro la instalación, la cuenca está poco intervenida y la calidad del agua cruda es levemente afectada por los cambios estacionales, Media: alguna(s) estructura(s) podrán estar expuestas a riesgos que pudieran atentar contra su integridad, como por ejemplo captaciones en ríos con grandes avenidas, pasos sobre puentes o bajo ríos con grandes avenidas, la calidad del agua cruda revela una variación moderada con los cambios estacionales, y la cuenca muestra un grado medio de intervención, y Alta, alguna(s) estructura(s) del proyecto estará sometida a altos riesgos frecuentes que pueden afectar su integridad, por ejemplo, captaciones en ríos que todos los años manifiesta grandes avenidas en la época de lluvias, la calidad del agua cruda se ve fuertemente afectada por los cambios estacionales, y la cuenca presenta un alto grado de intervención.

4. Aspectos ambientales

Se refiere a la mayor o menor incidencia comparativa de impactos ambientales del proyecto hacia el medio ambiente. Se cataloga en la forma siguiente: Baja: en la etapa de construcción, los impactos son transitorios y existen medidas de mitigación, que adecuadamente implementadas, deben mitigar estos impactos; y en la etapa de operación, los impactos son mitigados con facilidad, sin riesgos para el ambiente;.Media: tanto en la etapa de construcción como de operación se presentarán impactos cuyas medidas de mitigación son difíciles de aplicar, por lo que existe incertidumbre en cuanto a la persistencia del riesgo, o de

mitigación a mediano o largo plazos, y Alta: se han identificado impactos con medidas de mitigación que deben aplicarse por largos períodos, años, para lograr la estabilización del impacto al ambiente.

5. Operación y Mantenimiento

Se refiere a la mayor o menor dificultad y costo comparativos de la operación y del mantenimiento del proyecto. Se cataloga en la forma siguiente: Baja, la operación y el mantenimiento son simples y de bajo costo, no se identifican estructuras que con dificultad y alto costo como podrían ser presas de cierto tipo en ríos con grandes avenidas y acarreo de rocas, las aducciones y conducciones son por gravedad, Media: aducciones e impulsiones por bombeo o con trazados de difícil acceso y existen estructuras cuya operación y mantenimiento obligan a intervenciones anuales de rehabilitación por el impacto de corrientes extraordinarias de agua por ejemplo, y Alta: aducciones e impulsiones por bombeo o con trazados de difícil acceso y alguna(s) estructura(s) del proyecto estarán expuestas a altos riesgos de incidencia periódica, que obliga a intervenciones anuales de rehabilitación, cuyos costos son altos.

6. Costo de elementos no comunes

Se refiere al costo total de los componentes no comunes de las alternativas. Se cataloga en la forma siguiente: Baja el costo de la alternativa no supera en un 10% al costo de la alternativa de menor costo, Medio: el costo de la alternativa supera entre un 10 y un 25% el costo de la alternativa de menor costo, Alto: el costo de la alternativa sobrepasa en más del 25% el costo de la alternativa de menor costo.

De acuerdo con los resultados expuestos la alternativa de menor costo es la de Las Lajas.

5.2.2. Análisis económico

- Opción # 1- Las Juntas

Cuadro N° 56

Tubería de impulsión y conducción

Diámetro	Unidad	Cantidad	Costo Unitario \$	Costo \$
HD, K9, ϕ 350 mm	/ metro	15 738	198	3 116 124
HD, K9, ϕ 400 mm	/ metro	2 130	256	545 280
PVC, SDR 26 ϕ 300 mm	/ metro	6 262	175	1 095 850

Cuadro N° 57

Tanque de carga

Tanque de carga	270	m ³	284	77 000
-----------------	-----	----------------	-----	--------

Cuadro N° 58

Toma y desarenador

	Capacidad	Unidad	<i>Cantidad</i>	<i>Costo Unitario</i> <i>(\$)</i>	Costo (\$)
Toma	120	l/s	1	26 000	25 800
Desarenador	256	m ³	1	Global	34 720

Cuadro N° 59

Caseta de bombeo, bomba-motor-accesorios para la toma

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Caseta bombeo	450	Kw	1	1 350	608 000
Bomba-motor-accesorios	300	HP	2	Global	40 000

Cuadro N° 60

Bomba-motor-tablero para pozo existente en Curime

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Caseta bombeo	11.25	Kw	1	3 500	40 000
Bomba-motor-accesorios	11.25	Hp	2	3 500	80 000

Cuadro N° 61

Tubería para incorporar producción de los pozos del Estadio, Oficina del AyA al tanque de almacenamiento y de los dos pozos de Curime a la estación de bombeo

Diámetro	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
PVC, SDR 26, ϕ 150 mm DN	/ metro	1 500	96	144 000
200 mm PVC SDR 26	/ metro	125	106	13 250

Cuadro N° 62

Ampliación planta de tratamiento

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Ampliación planta	120	l/s	1	2 000	240 000

Cuadro N° 63

Tanque de almacenamiento

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Tanque	4000	m ³	1	140	560 000

Cuadro N° 64

Bomba-motor-tablero para los pozos del Estadio de Nicoya , la oficina del AyA y planta de tratamiento

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Bomba-motor-accesorios para pozo Estadio Nicoya	3.30	Hp	1	Global	4661
Bomba-motor-accesorios para pozo por conectar	11.36	Hp	1	Global	1610
Bomba-motor-accesorios para la planta de tratamiento	111.28	Hp	3	Global	435

Cuadro N° 65

Estimación de costo de energía

	Las Juntas			
	Costo energía (US\$/kw-hr)	0.06	0.08	0.1
Q bombeo (l/s) =		132.3	132.3	132.3
Volumen anual bombeo (m3) =		4,172,213	4,172,213	4,172,213
Potencia bombeo (hp) =		340	340	340
		25	25	25
Potencia bombeo (kw) =		5.00	5.00	5.00
Horas de operación diaria (hr) =		24	24	24
Días de operación anual (días) =		365	365	365
Consumo energía anual (kw-h) =		2,233,800	2,233,800	2,233,800
Costo energía (US\$/kw-hr)		0.06	0.08	0.10
Costo anual de energía (US\$) =		134,028	178,704	223,380
Costo mensual potencia instalada (US\$/kw) =		11.95	11.95	11.95

Costo anual potencia instalada (US\$)			
=	36,567	36,567	36,567
Costo anual energía + potencia instalada (US\$) =	170,595	215,271	259,947
Costo Total / m3 bombeado (US\$/m3)			
=	0.0409	0.0516	0.0623

Cuadro N° 66

Valor presente neto de la energía

Plazo = 25 años

Costo energía (US\$/kw-hr)
= 0.06

Valor presente neto de la energía

i	VPN	Anualidad	Plazo (años)
12%	1,338,000	170,595	25
10%	1,548,498	170,595	25
8%	1,821,063	170,595	25

Costo energía (US\$/kw-hr)
= 0.08

Valor presente neto de la energía

i	VPN	Anualidad	Plazo (años)
12%	1,688,400	215,271	25
10%	1,954,023	215,271	25
8%	2,297,970	215,271	25

Costo energía (US\$/kw-hr)

= 0.1

Valor presente neto de la energía

i	VPN	Anualidad	Plazo (años)
12%	2,038,800	259,947	25
10%	2,359,549	259,947	25
8%	2,774,876	259,947	25

Cuadro N° 67

Resumen costo de energía, opción N° 1

Rubro	25 años								
	12%			10%			8%		
	0.06	0.08	0.1	0.06	0.08	0.1	0.06	0.08	0.1
Energía y potencia	1,338,000	1,688,400	2,038,800	1,548,498	1,954,023	2,577,326	2,086,971	2,297,970	2,774,876

Cuadro N° 68

Estimación de costo de químicos plantas de	
tratamiento agua potable	
	Las Juntas
Q planta (l/s) =	120
Producción anual (m3) =	3,784,320
Dosis promedio coagulante verano (mg/l) =	40.0
Dosis promedio coagulante invierno (mg/l) =	40.0
Dosis promedio polímero invierno (mg/l) =	0.0
Dosis promedio desinfectante (mg/l) =	1.2
Coagulante verano (Ton) =	75.7
Coagulante invierno (Ton) =	75.7
Polímero invierno (Ton) =	0.0
Desinfectante (Ton) =	4.5
Costo unitario coagulante (US\$/Ton) =	225.0
Costo unitario polímero (US\$/Ton) =	1,200.0
Costo unitario desinfectante (US\$/Ton) =	500.0
Costo coagulante (US\$/año) =	34,058.9
Costo polímero (US\$/año) =	0.0
Costo desinfectante (US\$/año) =	2,270.6
Costo Total (US\$/año) =	36,329.5
Costo Total / m3 producidos (US\$/m3) =	0.0096

Cuadro N° 69

• Valor presente neto de la diferencia de costos de químicos

i	VPN	Anualidad	Plazo (años)
12%	240,416	30,653	25
10%	278,238	30,653	25
8%	327,214	30,653	25

SubTotal	\$ 10 476 000
Cargas Sociales (40%)	\$ 4 190 400
Imprevistos (10%)	\$ 1 047 600
Total	\$ 15 714 000

- Opción #3 Las Lajas

Cuadro N° 70

Tuberías impulsión y conducción

Diámetro	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
HD, K9, ϕ 350 mm	/ metro	3 000	198	594 000
PVC, SDR 17, ϕ 250 mm DN	/ metro	17 298	167	2 888 766
PVC, SDR 26, ϕ 200 mm DN	/ metro	702	106	74 412

Cuadro N° 71

Toma y desarenador

	Capacidad	Unidad	<i>Costo Unitario</i> (\$)	Costo (\$)
Toma	90	l/s	Global	19 345
Desarenador	200	m ³	Global	25 714

Cuadro N° 72

Caseta de bombeo, bomba-motor-accesorios para la toma

	Capacidad	Unidad	Cantidad	<i>Costo</i> <i>Unitario (\$)</i>	Costo (\$)
Caseta bombeo	200	Kw	1	1350	270 000
Bomba- motor- accesorios	266.67	HP	1	Global	35 000

Cuadro N° 73

Bomba-motor-tablero para los dos pozos de Caimital

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Bomba-motor-accesorios para pozo actual	11.7	Hp	2	Global	3 276

Cuadro N° 74

Bomba-motor-tablero para los dos pozos de Curime

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Estación de bombeo	36.9	Hp	1	1 350	49 815
Bomba-motor-accesorios para pozo actual	4.98	Hp	1	Global	698
Bomba-motor-	3.32	Hp	1	Global	465

accesorios para pozo por conectar					
--------------------------------------	--	--	--	--	--

Cuadro N° 75

Estación de Bombeo para los 2 pozos de Caimital y los 2 pozos de Curime

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Estación de bombeo	99.5	Hp	1	1 450	153 230

Cuadro N° 76

Bomba-motor-tablero para los pozos del Estadio de Nicoya , la oficina del AyA y Planta de tratamiento

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Bomba-motor- accesorios para pozo Estadio Nicoya	2.48	Hp	1	Global	350
Bomba-motor- accesorios para pozo por conectar	8.52	Hp	1	Global	1195
Bomba-motor- accesorios para la planta de tratamiento	83.46	Hp	3	Global	35 055

Cuadro N° 77

Tubería para incorporar producción de los pozos del Estadio y oficina del AyA al tanque de almacenamiento

Diámetro	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
PVC, SDR 26, ϕ 100 mm DN	/ metro	2 580	63	162 540

Cuadro N° 78

Tubería para incorporar producción de la planta de tratamiento al Tanque de almacenamiento

Cuadro N° 79

Tubería para incorporar producción de los dos pozos de Caimital a la estación de bombeo

Diámetro	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
200 mm PVC SDR 17	/ metro	1496.57	118	176 595
150 mm PVC SDR 17	/ metro	4664.35	94	438 449

Cuadro N° 80

Tubería para incorporar producción de la estación de bombeo al tanque de almacenamiento

Diámetro	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
300 mm DN, HD, K9	/ metro	2780.69	152	422 665

Cuadro N° 81

Tubería para incorporar producción de los dos pozos de Curime a la estación de bombeo

Diámetro	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
400 mm DN, HD, K9	/ metro	3263.80	256	835 532.80

Cuadro N° 82

Ampliación planta de tratamiento

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Ampliación planta	90	l/s	1	2 000	180 000

Cuadro N° 83

Tanque de almacenamiento 4000 m³

Diámetro	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
200 mm PVC SDR 26	/ metro	125	106	13 250

	Capacidad	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo (\$)
Tanque	4000	m ³	1	140	560 000

Cuadro N° 84

Estimación de costo de energía

Costo energía (US\$/kw-hr)	Lajas (bombeo)		
	0.06	0.08	0.1
Q bombeo (l/s) =	130.3	130.3	130.3
Volumen anual bombeo (m3) =	4,109,141	4,109,141	4,109,141
Potencia bombeo (hp) =	230	230	230
Potencia bombeo (kw) =	171.51	171.51	171.51
Horas de operación diaria (hr) =	24	24	24
Días de operación anual (días) =	365	365	365
Consumo energía anual (kw-h) =	1,502,436	1,502,436	1,502,436
Costo energía (US\$/kw-hr)	0.06	0.08	0.10
Costo anual de energía (US\$) =	90,146	120,195	150,244

Costo mensual potencia instalada (US\$/kw) =	11.95	11.95	11.95
Costo anual potencia instalada (US\$) =	24,595	24,595	24,595
Costo anual energía + potencia instalada (US\$) =	114,741	144,790	174,838
Costo Total / m3 bombeado (US\$/m3) =	0.0279	0.0352	0.0425

Cuadro N° 85

Costo de energía

Plazo = 25 años

Costo energía (US\$/kw-hr) = 0.06

Valor presente neto de la energía

i	VPN	Anualidad	Plazo (años)
12%	899,928	114,741	25
10%	1,041,507	114,741	25
8%	1,224,833	114,741	25

Costo energía (US\$/kw-hr) = 0.08

Valor presente neto de la energía

i	VPN	Anualidad	Plazo (años)
12%	1,135,605	144,790	25
10%	1,314,261	144,790	25
8%	1,545,596	144,790	25

Costo energía (US\$/kw-hr) = 0.1

Valor presente neto de la energía

i	VPN	Anualidad	Plazo
---	-----	-----------	-------

			(años)
12%	1,371,281	174,838	25
10%	1,587,014	174,838	25
8%	1,866,360	174,838	25

Cuadro N° 86

Resumen costo energía

Rubro	25 años								
	12%			10%			8%		
	0.06	0.08	0.1	0.06	0.08	0.1	0.06	0.08	0.1
Energía y potencia	899,928	1,135,605	1,371,281	1,041,507	1,314,261	1,733,489	1,403,680	1,545,596	1,866,360

Cuadro N° 87

Estimación de costo de químicos plantas de tratamiento agua potable

Q planta (l/s) =	Lajas 90
Producción anual (m3) =	2,838,240
Dosis promedio coagulante verano (mg/l) =	40.0
Dosis promedio coagulante invierno (mg/l) =	40.0
Dosis promedio polímero invierno (mg/l) =	0.0
Dosis promedio desinfectante (mg/l) =	1.2
Coagulante verano (Ton) =	56.8
Coagulante invierno (Ton) =	56.8
Polímero invierno (Ton) =	0.0
Desinfectante (Ton) =	3.4
Costo unitario coagulante (US\$/Ton) =	225.0
Costo unitario polímero (US\$/Ton) =	1,200.0
Costo unitario desinfectante (US\$/Ton) =	500.0
Costo coagulante (US\$/año) =	25,544.2
Costo polímero (US\$/año) =	0.0
Costo desinfectante (US\$/año) =	1,702.9
Costo Total (US\$/año) =	27,247.1
Costo Total / m3 producidos (US\$/m3) =	0.0096

Cuadro N° 88

Valor presente neto de la diferencia de costos de químicos

i	VPN	Anualidad	Plazo (años)
12%	180.311	30.653	25
10%	208.678	30.653	25
8%	245.410	30.653	25

Sub total	\$ 8 716 804
Cargas Sociales (40%)	\$ 3 486 721
Imprevistos (10%)	\$ 871 681
Total	\$ 13 075 206

Cuadro N° 89

Resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 12%, energía a 0,06 US\$/kw-h)

Rubro	Las Juntas	Las Lajas
		(aducción gravedad)
Infraestructura	10 476 000	8 716 804
Energía	1 525 699	293 455
Químicos	240 416	180 311
Total	12 242 115	9 190 570

Cuadro N° 90

Resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 12%, energía a 0,08 US\$/kw-h)

Rubro	Las Juntas	Las Lajas
		(aducción gravedad)
Infraestructura	10 476 000	8 716 804
Energía	1 925 591	370 306
Químicos	240 416	180 311
Total	12 642 007	9 267 421

Cuadro N° 91

Resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 12%, energía a 0,10 US\$/kw-h)

Rubro	Las Juntas	Las Lajas
		(aducción gravedad)
Infraestructura	10 476 000	8 716 804
Energía	2 325 216	447 157
Químicos	240 416	180 311
Total	13 041 632	9 344 272

Cuadro N° 92

Resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 10%, energía a 0,06 US\$/kw-h)

Rubro	Las Juntas	Las Lajas
		(aducción gravedad)
Infraestructura	10 476 000	8 716 804
Energía	1 766 034	339 622
Químicos	278 238	180 311
Total	12 520 272	9 236 737

Cuadro N° 93

Resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 10%, energía a 0,08 US\$/kw-h)

Rubro	Las Juntas	Las Lajas
		(aducción gravedad)
Infraestructura	10 476 000	8 716 804
Energía	2 228 529	428 563
Químicos	278 238	180 311
Total	12 982 767	9 325 678

Cuadro N° 94

Resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 10%, energía a 0,10 US\$/kw-h)

Rubro	Las Juntas	Las Lajas
		(aducción gravedad)
Infraestructura	10 476 000	8 716 804
Energía	2 939 395	565 268
Químicos	278 238	180 311
Total	13 693 633	9 462 383

Cuadro N° 95

Resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 8%, energía a 0,06 US\$/kw-h)

Rubro	Las Juntas	Las Lajas
		(aducción gravedad)
Infraestructura	10 476 000	8 716 804
Energía	2 380 154	457 722
Químicos	327 214	180 311
Total	13 183 368	9 354 837

Cuadro N° 96

Resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 8%, energía a 0,08 US\$/kw-h)

Rubro	Las Juntas	Las Lajas
		(aducción gravedad)
Infraestructura	10 476 000	8 716 804
Energía	2 620 794	503 999
Químicos	327 214	180 311
Total	13 424 008	9 401 114

Cuadro N° 97

Resumen de costos a valor presente (US\$)

Escenario: 25 años, tasa del 8%, energía a 0,12 US\$/kw-h)

Rubro	Las Juntas	Las Lajas (aducción gravedad)
Infraestructura	10 476 000	8 716 804
Energía	3 164 690	608 596
Químicos	327 214	180 311
Total	13 967 904	9 505 711

5.3. Comportamiento hidráulico de la alternativa seleccionada

Para analizar el comportamiento del sistema se toman en cuenta los datos de la dotación calculada para el año 2008, la cual, como se indica en la sección 4.1 “Consumo y Demanda de Agua”, la dotación obtenida para este sistema es muy baja, y el valor de Agua No Contabilizada (%ANC) de 9.08%, no puede ser real. Además, al no contar con datos medidos en ciertos puntos del sistema de la presión existente, y los registros de los caudales de producción de las diferentes fuentes, se determina que el óptimo abastecimiento de agua potable del acueducto de Nicoya depende de la cantidad y el almacenamiento de sus fuentes de producción. Toda la información obtenida permite conocer el sistema y generalizar su comportamiento a través de un modelo matemático. El modelo matemático es una representación del sistema real, el software que se utiliza para modelar en este caso es el WaterCad versión 6.5 de Heasted Methods. En el anexo 1 se describen los resultados y la interpretación de la información.

La red principal de distribución quedó excluida de la modelación propuesta por las razones antes explicadas.

Según los parámetros de almacenamiento requerido para el Acueducto mencionados en el Capítulo IV, Consumo y Demanda de Agua, se propone la construcción de un tanque de almacenamiento, al menos, de 4000 m³, a una elevación de 210 m.s.n.m.; el sitio escogido para este tanque se ubica cerca de las instalaciones del colegio agropecuario de Nicoya, lugar donde se almacenan las aguas provenientes de las distintas fuentes de producción del acueducto.

Tomando como base, los datos obtenidos en las proyecciones de los caudales de demanda logrados en el Capítulo IV, Consumo y Demanda de Agua, específicamente en el cuadro N° 98, obtenemos los siguientes resultados.

Cuadro N° 98

Caudales de demanda

Año	2008	2010	2015	2020	2025	2030	2033
Demanda promedio	74.06	76.50	82.94	89.92	97.48	105.69	110.94
Caudal Máx Diario Prom FMD: 1.2	88,87	91,80	99,52	107,90	116,98	126,83	133,13
Caudal Máx Horario Prom FMH: 1.8	133,31	137,70	149,28	161,85	175,47	190,24	199,70

De acuerdo con el objetivo del presente trabajo, se toma el Caudal Máximo Diario como caudal de Diseño para las fuentes de producción del acueducto, tal y como se muestra en el Capítulo V Análisis de Opciones de Abastecimiento. Con el fin de alcanzar el caudal máximo diario de 133.13 l/s; se mantienen los caudales de producción actuales en el pozo de Curime (18.18 l/s), Estadio (1.39 l/s) y Oficina del AyA (4.88 l/s), así como el caudal obtenido de la toma del río Potrero (27.84 l/s). Se le adicionarán tres pozos: uno más en Curime (12 l/s) y dos en Caimital (14 l/s cada uno), así como se le suma el caudal obtenido de una toma en el río Quirimán (90 l/s), cerca del poblado de Lajas. Cabe señalar que la planta de tratamiento debe modificarse para que sea capaz de producir los caudales de las tomas del Río Potrero y el Quirimán, en total 150 l/s.

Cumpliendo las condiciones descritas anteriormente, el tanque de almacenamiento propuesto de 4000 m³ dispone de los 133.13 l/s, necesarios para la regulación horaria de este almacenamiento.

5.3.1. Condiciones operativas de las fuentes de abastecimiento

A continuación se describen las condiciones operativas de las distintas fuentes de abastecimiento para el acueducto, según la alternativa propuesta:

1. La toma sobre el río Quirimán se debe bombear un caudal de 90 l/s, por una tubería de 300 mm de diámetro HD K-9, a una distancia de 3000 m aproximadamente, 250 mm de diámetro PVC SDR-17, con una longitud de 15000 m aproximadamente, y 200 mm de diámetro PVC SDR-26, con una longitud de 702 m aproximadamente hasta la planta de tratamiento del acueducto de Nicoya, mediante una bomba de 266,7 HP.

2. La planta de tratamiento debe modificarse para que sea capaz de producir los 150 l/s que le llegarán provenientes de la toma sobre el río Potrero (27.84 l/s) y la toma sobre el río Quirimán (90 l/s); en la planta de tratamiento se deberán modificar las tres bombas existentes por unas de 83.46 HP, para que mediante una tubería de 300 mm de diámetro HD k-9 con una longitud de 3000 m aproximadamente lleven los 150 l/s de agua potable hasta el tanque de almacenamiento de 4000 m³.

3. Se propone construir una estación de bombeo en Curime, que sea capaz de transportar los caudales provenientes de los pozos de Curime y de Caimital, en total 60 l/s, mediante una bomba de 99.5 HP y una tubería de 300mm de diámetro HD K-9 con una longitud de 2780.69m aproximadamente, hasta el tanque de almacenamiento de 4000 m³.

4. Se debe perforar y equipar dos pozos, en el sitio Caimital (CARCa), con una bomba de 11.7 HP cada pozo, para extraer 28 l/s y llevarlos mediante una tubería de 200mm

de diámetro PVC SDR-17, con una longitud de 1496.57 m aproximadamente, y 150mm de diámetro PVC SDR-17 con una longitud de 4664.35m, hasta la estación de Bombeo que se propone construir cerca de los pozo de Curime.

5. Se debe perforar y equipar otro pozo en Curime, con una bomba de 2.48 HP, y cambiar la bomba existente en el pozo existente de Curime por una de 3.32 HP, para hacer llegar los 30 l/s mediante una tubería de 200 mm de diámetro PVC SDR-26, con una longitud aproximada de 125 m hasta la estación de bombeo de Curime la cual se propone construir.

6. Se propone cambiar la bomba existente en el Pozo Estadio, por una de 2,48 HP, y la del pozo oficina AyA por una de 8.52HP; para que mediante una tubería de 100 mm de diámetro PVC SDR-26, lleven los 6.3l/s, hasta el tanque de almacenamiento de 4000m³.

Cumpliendo con las especificaciones descritas anteriormente para cada fuente de producción, se garantiza que los equipos de bombeo junto a las líneas de impulsión llevan los 133.13 l/s que necesita el acueducto de Nicoya hasta el tanque de almacenamiento por construir; así, el sistema por si solo se puede operar de una manera más eficiente.

Cabe señalar, que la mejora más representativa de esta propuesta, es la de no bombear directamente a la red de distribución, optimizar los sistemas de bombeo y las líneas de impulsión, excluir las variaciones en las presiones del red de distribución, producto de la variación en la curva horaria registrada en este sistema.

A continuación se presenta esquemáticamente la alternativa seleccionada y descrita es este capítulo, como la solución del problema de las fuentes de agua para el acueducto de Nicoya.

Figura N° 49

Esquema de la alternativa seleccionada



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

6. Generalidades

El área en estudio está ubicada entre las coordenadas 376-378 este y 235-293 de proyección Lambert (Hoja topográfica Matambú).

La topografía es buenas, plana y bien drenada por diversos ríos. El promedio de la precipitación anual es de 2 172.8 milímetros, la temperatura promedio es de 27.1 °C. La humedad relativa oscila entre 60 y 65% en época seca, y de 80 y 85% en época lluviosa. La velocidad del viento anual en la región es de 12 Km/h. La zona de Nicoya presenta valores entre 2 000 y 2 100 mm anuales de evapotranspiración, la duración diaria de luz es de 12 horas.

El fenómeno del Niño afectó con fuerza la provincia de Guanacaste en el periodo de 1997 – 1998, lo cual trajo consigo sequías en la zona.

6.1. Conclusión General

El sistema de captación actual es insuficiente para suplir la demanda máxima diaria (133.13 l/s) de agua potable a la Ciudad de Nicoya durante el periodo de diseño de 25 años, tiene problemas de ubicación, capacidad y de limpieza del desarenador.

La planta de tratamiento fue diseñada para un caudal de 60 l/s y está funcionando con uno superior a éste (52 l/s), se debe ampliar el sistema para tratar el caudal adicional (90 l/s) que va a ingresar a la planta.

El déficit de abastecimiento de agua actual (36.55 l/s) y futuro (80.81 l/s) puede ser solventado utilizando nuevas fuentes, como lo son: el río Quirimán y la perforación de pozos en el acuífero Potrero-Caimital.

Existen tres posibles sitios de toma en diferentes elevaciones en río Quirimán. Se recomienda la opción número tres, debido a que en la elevación 150 m.s.n.m, en el poblado de Lajas, se puede obtener la cantidad de agua necesaria para suplir la demanda de 133,13 l/s.

6.2. Estudio de Población

Para efectos del presente análisis se opta por tomar como población de diseño los valores obtenidos através del método geométrico y sumándole la población flotante (735 hab), para el año 2033 había una población de 37 098 habitantes.

En el año 2008 existen 5442 servicios de consumo, con 3.9 personas por vivienda, se concluyó que la población abastecida es de 21 224 habitantes, lo que representa el 85,7% de la población total estimada de la Ciudad de Nicoya. Para el año 2033 se puede esperar que exista una población de diseño abastecida de 31 793 habitantes.

6.3. Conclusión respecto al caudal explotable en las diferentes opciones

6.3.1. Río Nosara elevación 70 m.s.n.m las Juntas

El caudal mínimo registrado en la elevación 70 m.s.n.m es de 78 l/s, pero este dato se dio durante la época de 1997-1998 en la cual Costa Rica, principalmente, en la zona de Guanacaste fue afectada por el ENOS (El Niño); por este motivo se toma un caudal mínimo de 157 l/s registrado en el año 2007, el mayor caudal es de 10 890 l/s. En esta elevación es

donde se obtiene el mayor caudal del río Quirimán, por lo tanto se estima la mejor opción para preservar el caudal de dicho río.

6.3.2. Río Quirimán elevación 105 m.s.n.m Virginia

El caudal mínimo registrado en la elevación 105 m.s.n.m es de 44 l/s, en el año 1995. En esta elevación es donde se obtiene el menor caudal del río Quirimán, haciéndolo una mala opción para construir una toma, ya que con el caudal que necesita (80 l/s) para abastecimiento de agua potable la Ciudad de Nicoya, se secaría el río.

6.3.3. Río Quirimán elevación 150 m.s.n.m

El caudal mínimo obtenido en esta elevación es de es de 46 l/s, pero este dato se dio durante la época de 1997-1998 en cual Costa Rica principalmente en la zona de Guanacaste fue afectada por el ENOS (El Niño); por este motivo se toma un caudal mínimo de 128 l/s registrado en el año 1999, el mayor caudal es de 8 593 l/s. Para satisfacer la demanda de agua y no perjudicar el río se tiene que extraer adicionalmente agua del acuífero Potrero – Caimital.

6.3.4. Río Grande

Este río recibe la descarga de aguas negras, lo que provoca contaminación, y tiene un caudal muy bajo de 12 l/s. Por estas razones el río Grande o Morote no se considera adecuado como posibilidad para abastecer de agua potable a la Ciudad de Nicoya.

6.4. Componentes del sistema actual

El acueducto de la Ciudad de Nicoya tiene deficiencias en todos sus componentes, a saber:

6.4.1. Toma en el río Potrero

El sitio de presa está ubicado en un lugar cercano a la confluencia de los Ríos Potrero, Grande y la Quebrada Matabuey, los cuales son muy caudalosas en invierno y a causa de la topografía muy plana de la zona, el sitio es muy susceptible a inundaciones.

6.4.2. Desarenador

El sistema de limpieza del desarenador no funcionaría eficientemente, debido a que su salida quedaría bajo el nivel del río.

6.4.3. Estación de Bombeo

El sistema de desagüe de la estación de bombeo de agua cruda presentaría el mismo problema del desarenador.

6.4.4. Planta de tratamiento

No funciona en su totalidad, pues por lo general falla una de las bombas. Los filtros están acolmatados, porque que la arena utilizada no es la correcta.

Falta de mantenimiento, floculadores, sedimentadores y pintura en general. La planta carece de las pantallas de sus floculadores, los canales de desagüe del lavado de filtros se encuentran en un nivel superior al necesario para que sea efectivo el lavado. El canal de aguas claras estan sin nivel y no se comunica adecuadamente con el tanque de aguas claras, el pozo de desagüe no tiene la profundidad necesaria para desaguar en el tiempo requerido.

Las condiciones de trabajo del floculador y sedimentadores delcaudal de diseño de la planta, hacen imposible un buen funcionamiento aen altas turbiedades, se necesitan grandes dosis de coagulantes y recarga el trabajo de los filtros. Por otra parte, el caudal producido por la planta debería ser por lo menos igual al de la estación de bombeo de agua tratada.

Mantenimiento de equipos de operación, mantenimiento y equipos de control de calidad es regular.

6.4.5. Estación bombeo de aguas claras

Los equipos de bombeo trabajan a su máxima capacidad sin equipo alternativo. Al bombear en contra de la red el funcionamiento de este equipo se daña.

Las estaciones de bombeo necesitan una mejor potencia, se requieren equipos de reserva y equipos alternos que trabajen con diesel para que funcionen en caso de falta de fluido eléctrico.

6.4.6. Red de distribución

Existe un gran nivel de fugas, provocadas por las variaciones de presión y el mal estado de las instalaciones domiciliarias.

6.4.7. Tanque de cola

Su funcionamiento es deficiente, casi nulo, debido a las constantes fugas y al faltante de agua.

6.5. Acuífero Potrero-Caimital

El acuífero coluvio aluvial comunica las 2 cuencas, los pozos ubicados en la cuenca del río Caimital afectarán mayormente el flujo base del río Caimital y en menor proporción el flujo base del río Potrero.

Actualmente, del acuífero de la CARPoCa (cuenca aluvial de los ríos Potrero y Caimital) se podría extraer adicionalmente como máximo, durante los 6 meses entre enero y junio, un volumen de 1 149 001 m³ adicional de aguas subterráneas, lo cual equivale a 73.9 l/s de bombeo continuo, de los cuales 28.7 l/s se podrían extraer de la CARPo y 45.2 l/s de

la CARCa, sin que se afecte la disponibilidad de agua de la toma en el río Potrero en un año promedio. Sin embargo, prevalece la condición de que en años muy secos ésta se pueda ver afectada temporal y parcialmente.

La ubicación de nuevos pozos tiene efectos de interferencia con otros pozos y con el flujo base de los ríos Potrero y Caimital en diferentes grados, según se sumen sus abatimientos dependiendo de sus tiempos de bombeo, parámetros hidrogeológicos locales y radios de influencia.

6.6. Alternativa propuesta

Actualmente y para el futuro la oferta es menor que la demanda lo que implica establecer una nueva opción de abastecimiento para la ciudad de Nicoya.

Para ello, se deben realizar mejoras en las obras existentes y construir nuevas estructuras para mejorar y garantizar el buen funcionamiento del sistema. La propuesta seleccionada es la tercera (río Quirimám, poblado Las Lajas), ya que es la de menor costo y posee el caudal necesario para la demanda actual y futura.

Para solventar la falta de agua potable se contemplan las mejoras y construcción de las siguientes obras:

- a. Construir una nueva toma cerca del poblado de Las Lajas, en la elevación 150 m.s.n.m a un caudal de 90 l/s.
- b. Instalar una línea de conducción de 18 Km, hasta la planta de tratamiento actual.
- c. Impulsar un caudal máximo de 90 l/s.
- d. Ampliación de la planta de tratamiento actual, para un caudal adicional de 90 l/s. Las ampliaciones consisten en construir tres unidades más de floculación, sedimentador y filtración.

- e. Poner en funcionamiento el pozo en Curime con un caudal de 12 l/s, ya perforado y perforar dos pozos adicionales en el sector de Caimital de 14 l/s cada uno.
- f. Construcción de estación de bombeo.
- g. Construcción de un tanque de almacenamiento de 4000 m³.
- h. Vigilar los caudales máximos y mínimos del río Quirimán.

6.7. Aspectos ambientales

Establecer políticas de protección del río Quirimán y del Acuífero Potrero-Caimital, para mantener y asegurar los recursos hidráulicos.

RECOMENDACIONES

- Eliminar el bombeo contra la red.
- Optimizar los sistemas de bombeo y las líneas de impulsión.
- Llevar el agua de la planta de tratamiento y la de los pozos al tanque que se va a construir en el Liceo de Nicoya.
- Descartar la opción del tanque de cola.
- Realizar el levantamiento topográfico en el sitio seleccionado para la toma, así como en toda la impulsión y conducción.
- Remodelar la red de distribución existente.
- Realizar más aforos en el río Quirimán.
- Llevar acabo un estudio hidrológico del acuífero Potrero-Caimital.
- Debido a que los cálculos de la recarga potencial, así como del flujo base se basaron en datos no idóneos, como falta de pruebas de capacidad de infiltración de los diferentes suelos, registros no continuos de caudales en el río Potrero y extrapolación de caudales al río Caimital, se propone, que hasta que no se verifiquen por observaciones adicionales de caudales de esos ríos, monitoreo de niveles de agua subterránea y pruebas de capacidad de infiltración en los diferentes suelos, que la extracción máxima de agua subterránea del acuífero no sobrepase la estimación de la recarga rechazada (R_r) de 14.6 millones de m^3 anuales, equivalente a 463 l/s de bombeo continuo durante cualquier época del año.

BIBLIOGRAFÍA

1. Sección de investigación y desarrollo, IFAM.
2. IFAM (1987). **Atlas cantonal de Costa Rica.**
3. Instituto Nacional de estadísticas y censos.
4. Tomoyuki M. (2004). **Abastecimiento de agua.**
5. López R. (1999). **Diseño de acueductos y alcantarillados.**
6. Base de datos OPEN SGC Instituto costarricense de acueductos y alcantarillados.
7. **Normas para diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable.** Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
8. Lavell A., Brenes A. (2008). **ENOS variabilidad climática y el riesgo de desastre en las Américas.**
9. **Rodríguez A. Victor y Pacheco S. Victoria. Informe de la evaluación preeliminar de la planta.**
10. Losilla M y Agudelo C. Rendimiento seguro y susceptibilidad a la contaminación del acuífero coluvio aluvial de las cuencas altas de los ríos Potrero y Caimital, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. ASgosto 2003. Servicio Nacional de aguas subterráneas, riego y avenamiento, área de aguas subterráneas.
11. Comisión Emergencias.
12. Ramirez G. (1981). **Estudios básicos de la cuenca del río Nosara.** Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

13. Lucke S, Oscar y Ramirez G. (1981). **Estudios básicos de la cuenca del río Potrero**. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
14. Ramirez G. (1981). **Estudios básicos de la cuenca del río Quirimán**. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
15. Ramirez G. (1981). **Estudios básicos de la cuenca del río Grande**. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
16. Atan I. (2003). **Diagnóstico de sistemas de agua potable, región Chorotega**. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.
17. Chow V., Maidment D., Mays L. (1994). **Hidrología aplicada**.
18. Azevedo Netto J.M & Acosta Alvarez G. (1975). **Manual de hidráulica**. México.

ANEXOS