



Universidad Simón Bolívar

Departamento de Procesos y Sistemas

Ingeniería Ambiental II: Tratamiento de Aguas

Profesor: Fernando Morales

Estimación de la Capacidad de Captación de Agua de Escorrentía en el Campus de la USB.

Integrantes:

Elizabeth Rischbeck Carnet: 03-36388

Lisbeth Parra Carnet: 04-37379

Jesús Tezara Carnet: 04-37775

Flor Martinez Carnet: 05-38484

Sartenejas, 19 julio de 2010

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad la proyección de un plan de captación de agua en búsqueda de la maximización del uso de este recurso dentro de la Universidad Simón Bolívar. El alcance del mismo es el cálculo del caudal de escorrentía procedente de las cuencas principales en la USB, adicionalmente se realizó un diseño preliminar del sistema de captación el cual consiste en un tanque, con una bomba de succión que dirige los efluentes hacia el embalse USB, el cual posteriormente será empleado para la elaboración de un sistema de potabilización para adaptarla para el consumo y uso humano.

AGRADECIMIENTOS

Damos un gran agradecimiento al Prof. Fernando Morales, por ser un inigualable guía en la realización del proyecto.

Al Sr. Gianni Papadakis, que sin su ayuda este proyecto hubiese tenido un grado de dificultad muy alto, en el manejo de los programas y planos en digital.

Al Prof. Zdravko Baruch por su colaboración y por guiarnos en los caminos que debíamos tomar.

A la Prof. Natalie Suárez por su disposición en atendernos y ayudarnos en cualquier duda que se tuviésemos con respecto a fisiología de plantas y como funciona los mecanismos de adsorción del agua en ellas.

INDICE GENERAL

Resumen.....	2
Agradecimientos.....	3
Índice General.....	4
Índice de Figuras.....	7
Índice de Tablas.....	8
Introducción.....	9
Planteamiento del problema.....	9
Antecedentes.....	10
Justificación e Importancia.....	10
Objetivos del trabajo.....	10
Objetivo	
General.....	10
Objetivos Específicos.....	10
Fundamentos Teóricos.....	11
Antecedentes Históricos.....	11
Ciclo Hidrológico.....	12
La medición de precipitación.....	12
La importancia de la precipitación en la ingeniería.....	13
Definición de cuenca, sub-cuenca y microcuenca.....	13
Escorrentía.....	14
Modelos de Escorrentía.....	15

Modelo Estadístico.....	16
Modelo Empírico.....	16
Modelo Conceptual.....	16
Modelo Transporte.....	17
Método Racional.....	17
Coefficiente de Escurrimiento.....	18
Pendiente.....	18
Tipos de suelo hidrográficos.....	20
Captación de agua.....	20
Ventajas y desventajas.....	21
Universidad Simón Bolívar.....	21
Vegetación USB.....	22
Estación Metereológica.....	22
Disponibilidad de Datos.....	23
Tanques de agua.....	24
Tipos de Tanques.....	24
Tanque Subterráneo.....	24
Tuberías.....	26
Sistemas de Bombeo.....	26
GPS.....	27
Alcances del Proyecto.....	28

Estimar el área del Valle y el patrón de escurrimiento superficial.....	28
Estimar la capacidad teórica de captación de agua del embalse de la USB.....	34
Proyectar preliminarmente un sistema de captación de agua torrencial a partir de la distribución de lluvias en la USB durante el año y visualizar sitios potenciales para la ubicación de los sitios de captación.....	34
Recomendaciones.....	47
ANEXO A.....	48
ANEXO B.....	50
ANEXO C.....	52
Referencias Bibliográficas.....	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructuras en forma de cajas construidas con mallas de alambre en África.....	11
Figura 2. Ciclo del agua.....	12
Figura 3. Escurrimiento en cuenca.....	14
Figura 4. Evapotranspiración, escorrentía e infiltración del agua de lluvia.....	15
Figura 5. Coeficientes de escorrentía para los diferentes tipos de suelo y rango de pendiente.....	19
Figura 6. Descripción del tipo de suelos hidrológicos.....	20
Figura 7. Vegetación de la USB.....	22
Figura 8. Tanque subterráneo.....	26
Figura 9. Funcionamiento de un GPS.....	28
Figura 10. Plano satelital de USB y sus adyacencias.....	30
Figura 11. Plano satelital con grados de pendientes.....	31
Figura 12. Histogramas con tipo de cubierta vegetal.....	31
Figura 13. Plano satelital con tipo de cobertura vegetal.....	32
Figura 14. Plano satelital con marcas realizadas con GPS.....	33
Figura 15. Embalse USB.....	35

Figura 16. Data Pluviosidad Sep-09 a Jul-10 Cuenca 1.....	35
Figura 17. Data Pluviosidad Sep-09 a Jul-10 Cuenca 2.....	36
Figura 18. Data Pluviosidad Sep-09 a Jul-10 Cuenca 3-7.....	36
Figura 19. Data Pluviosidad Sep-09 a Jul-10 Cuenca 5-6.....	37
Figura 20. Comparación de los meses con mayor y menor pluviosidad.....	38
Figura 21. Espacio lateral a la vía de entrada principal a la Universidad.....	41
Figura 22. Mapa USB y Área Propuesta.....	41
Figura 23. Tipos de bomba y parámetros normales de uso.....	43
Figura 24. Canal de agua obstruido por falta de mantenimiento.....	44
Figura 25. Canal de agua similar al propuesto para dirigir el agua de escorrentía.....	44
Figura 26. Sistema de Captación de aguas de escorrentía USB.....	46

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Promedios Climáticos promedio de Baruta, Venezuela.....	14
Tabla 2. Área de las sub-cuencas utilizadas.....	30
Tabla 3. Pendientes de las sub-cuencas utilizadas.....	31

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

A través de la historia, el hombre ha necesitado de un suministro adecuado de agua para su alimentación, seguridad y bienestar. El agua es una necesidad universal y es el principal factor limitante para la existencia de la vida humana. La destrucción de las cuencas naturales hidrográficas ha causado una crítica escasez de la misma, afectando extensas áreas y poblaciones.

Cuando llueve parte de la lluvia fluye superficialmente por canales naturales de drenaje y eventualmente llega a ríos, lagos y océanos. Sin embargo, la mayor parte de ésta se infiltra en el suelo y pasa a ser parte del agua subterránea. Antes de su evaporación, el agua puede ser represada sobre la superficie de la tierra para su uso posterior.

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Por ello el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso.

1. Planteamiento del tema

Con el fin de aprovechar los recursos hídricos que presenta el Valle de Sartenejas para el uso interno de la USB, es preciso estimar la cantidad de agua por escorrentía que fluye a través del campus y así poder sugerir los posibles puntos de recolección de dichos caudales, para su posterior bombeo hacia la zona del embalse de la universidad. Debido a que en Ingeniería Química sólo se aplican los criterios para el diseño de procesos para el

transporte de fluidos se recurrió a la asesoría de topógrafos, meteorólogos e hidrólogos para buscar las referencias para realizar los estimados pertinentes.

2. Antecedentes del tema

El ser humano para su existencia requiere de la explotación de los recursos naturales que existen en su entorno, sin embargo se debe aprovechar estos recursos sin causar un impacto negativo en el ambiente, de modo de maximizar la recuperación y reciclaje aquellos que sea factible hacerlo. En particular el aprovechamiento de las aguas ha tomado particular importancia debido a la fuerte contaminación y el uso irracional de las mismas. En la historia se han desarrollado diversos métodos de aprovechamiento del agua tanto residuales como de escorrentía, uno de los cuales es el uso de humedales y sistema de captación de aguas de escorrentía.

3. Justificación e importancia del tema

La Universidad Simón Bolívar no cuenta con sistemas de recuperación y aprovechamiento de aguas residuales y de escorrentía, en búsqueda de disminuir los costos asociados al abastecimiento de agua potable desde Hidrocapital y disminuir el impacto ambiental de no tratar las aguas residuales y de escorrentía, nace la idea del presente proyecto el cual radica en el aprovechamiento de las aguas procedentes de las cuencas principales de las áreas verdes de la USB, para la potabilización de la misma con el fin de destinarla al uso y consumo humano, y de esta manera poder disminuir los costos asociados al pago de este servicio, además la universidad se hace independiente en el abastecimiento del servicio, lo cual disminuye cualquier tipo de fallas en el suministro del servicio de agua que pueda ocurrir en Hidrocapital.

4. Objetivos del trabajo

4.1. Objetivo General

El objetivo general de este proyecto es estimar la capacidad anual ideal de captación de agua de escorrentía a partir de la geografía y pluviosidad del Valle de Sartenejas.

4.2. Objetivos específicos

1. Estimar el caudal que se puede obtener por escorrentía, el cual dependerá del tipo de vegetación y suelo, la pendiente y la precipitación anual en la universidad.
2. Identificar zonas potenciales para el almacenamiento del agua de escorrentía, dependiendo de las cuencas y los patrones de escurrimientos presentes en la USB.
3. Calcular un estimado del tamaño de tanques, bombas y tuberías para el bombeo del agua al embalse.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Antecedentes históricos

En una amplia cantidad de países se ha utilizado diversas técnicas de recolección de agua para su posterior utilización. Como un ejemplo histórico, podemos mencionar que en África utilizaban estructuras en forma de cajas, construidas con mallas de alambre (Figura 1), las cuales se rellenaban de rocas y se colocaban como barrera perpendicular a valles pequeños para disminuir la velocidad del agua, con la finalidad de que se infiltrara y aumentara la humedad del suelo; lo que les permitía poder sembrar en éstas áreas una vez culminada la época de lluvias.

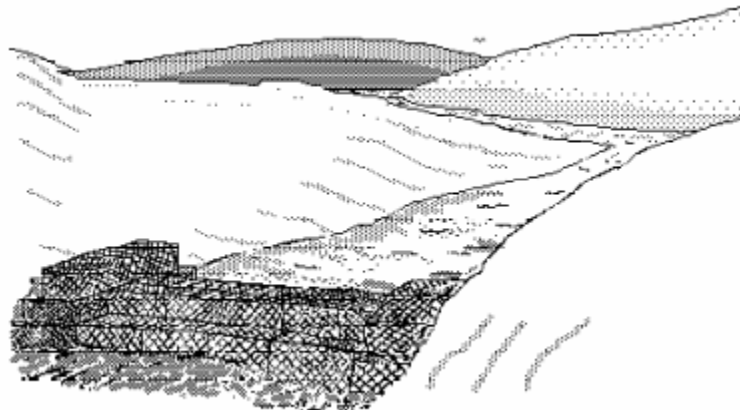


Figura 1. Estructuras en forma de cajas construidas con mallas de alambre en África

También en Tailandia se utilizan grandes recipientes de ferro-cemento para recolectar el agua de lluvia tomada de los techos. Este método de recolección provee de

suficiente agua para abastecer las necesidades domésticas de una familia durante la época seca. ⁽¹⁾

Ciclo Hidrológico

El ciclo hidrológico o ciclo del agua es el proceso de circulación del agua entre los distintos compartimentos de la hidrósfera. Se trata de un ciclo biogeoquímico en el que hay una intervención mínima de reacciones químicas y el agua solamente se traslada de unos lugares a otros o cambia de estado físico.



Figura 2. Ciclo del agua

La precipitación en hidrología es cualquier forma de hidrometeoro ya sea en forma de lluvia, nieve, aguanieve o granizo que cae del cielo y llega a la superficie terrestre.

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, responsable del depósito de agua dulce en el planeta. La precipitación es generada por las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua aumentan de tamaño hasta alcanzar el punto en que se precipitan por la fuerza de gravedad. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad.

La medición de la precipitación

Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo, son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad.

La precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie de 1 m² plana e impermeable. Generalmente, las precipitaciones pueden ser encontradas fácilmente en promedios mensuales, junto con otros parámetros medidos como temperatura, humedad, etc.

En la tabla anexa, se pueden observar los promedios de precipitación mensual para el municipio Baruta, Venezuela.

Parámetros climáticos promedio de Baruta, Venezuela													[ocultar]	[ocultar]
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	
Temperatura diaria máxima (°C)	26.1	27.2	28.3	28.9	28.3	27.8	27.2	27.2	27.8	27.8	27.2	26.1	27.5	
Temperatura diaria mínima (°C)	15.6	16.1	17.2	18.3	19.4	18.9	18.9	18.3	18.3	18.3	17.8	16.7	17.8	
Precipitación total (mm)	15.2	12.7	12.7	58.4	81.3	139.7	121.9	124.5	114.3	121.9	73.7	43.2	919.5	

Fuente: The Weather Channel Interactive, Inc. Marzo 2009

Tabla 1. Promedios Climáticos promedio de Baruta, Venezuela.

Importancia de las precipitaciones en la ingeniería

Muchas obras de ingeniería civil son fuertemente influenciadas por factores climáticos, entre los cuales se destaca las precipitaciones pluviales, un conocimiento profundo de la intensidad y prolongación de las mismas permite un adecuado dimensionamiento de represas y drenajes que garantizará la seguridad de las poblaciones y estructuras a su alrededor, así como alargará la vida útil de carreteras, vías férreas, etc.

Las características de las precipitaciones pluviales que deben conocerse para estos casos son:

- ✓ La intensidad de la lluvia y duración de la lluvia: estas dos características están asociadas. Para un mismo tiempo de retorno, al aumentarse la duración de la lluvia disminuye su intensidad media, la formulación de esta dependencia es empírica y se determina caso por caso, con base en datos observados directamente en el sitio estudiado o en otros sitios vecinos con las mismas características orográficas.

Definiciones de Cuenca, Sub-Cuenca y Microcuenca

- ✓ CUENCA: Se entiende por cuenca hidrográfica, al espacio delimitado por la unión de todas las cabeceras que forman el río principal o el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. Una cuenca hidrográfica se diferencia de una cuenca hidrológica ya que se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas (acuíferos).
- ✓ SUB-CUENCA: Es aquella parte de la cuenca, donde desaguan los afluentes, que a su vez descargará en el cauce de agua principal.
- ✓ MICROCUENCAS: Son los afluentes a los ríos secundarios, entiéndase por caños, quebradas, riachuelos que desembocan y alimentan a los ríos secundarios.

Otros términos que es importante destacar, son los siguientes:

- El cauce de los ríos y arroyos: son conductos descubiertos o acequia por donde corren las aguas para riegos u otros usos.
- Los afluentes: son los ríos secundarios que desaguan en el río principal.

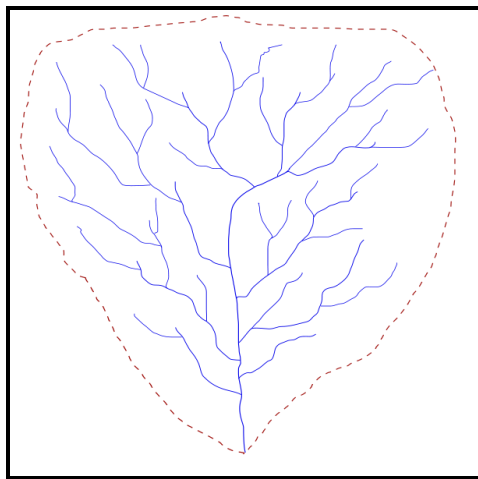


Figura 3. Esgurrimento en cuenca

Esgorrentía

La escorrentía es la lámina de agua que circula en una cuenca de drenaje, en otras palabras, la altura en milímetros de agua de lluvia escurrida y extendida que dependerá de la pendiente del terreno. Normalmente se considera como la precipitación menos la evapotranspiración real y la infiltración del sistema suelo (que a su vez depende de la cobertura vegetal). Según algunas teorías, la escorrentía se forma cuando los compartimentos del suelo estén saturados y no puede infiltrar más agua.

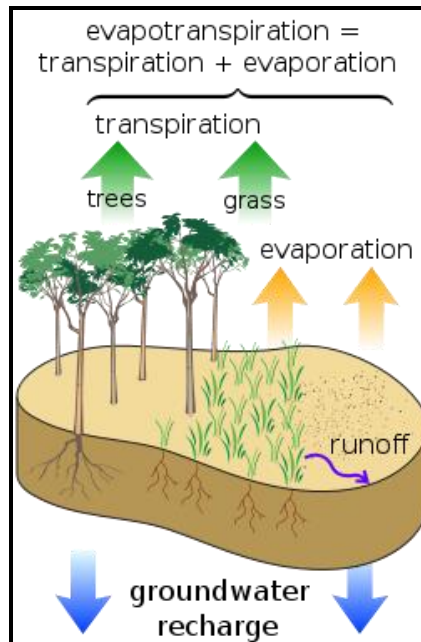


Figura 4. Evapotranspiración, escorrentía e infiltración del agua de lluvia.

1. Modelos de escorrentía

Un modelo de escorrentía es una representación de parte del ciclo hidrológico en cuanto al fenómeno de la escorrentía superficial de una cuenca hidrográfica. El modelo se usa mayormente para entender el proceso de escurrimiento y para pronosticarlo con el propósito de regularizar el uso del agua o diseñar obras hidráulicas para el control de inundaciones. Aunque se podrían hacer modelos a escala, la gran mayoría de los modelos de la escorrentía son modelos matemáticos.

Los modelos matemáticos de la escorrentía se pueden clasificar como:

- ✓ Modelos Estadísticos
- ✓ Modelos Empíricos

- ✓ Modelos Conceptuales
- ✓ Modelos de Transporte
- ✓ Modelos Compuestos

1.1. Modelos estadísticos

Los modelos estadísticos están basados en el análisis de frecuencia acumulada de las escorrentías. Los pronósticos a base del período de retorno sirven para evaluar la frecuencia de escasez o de exceso de agua con el propósito de regularizar el uso del agua o diseñar obras hidráulicas para el control de inundaciones. Permite además, estimar las recargas hidrológicas representativas de la cuenca, que luego sirven como datos de entrada en los modelos matemáticos que convierten las recargas en escorrentías, de modo que se puede evaluar el régimen de la escorrentía.

1.2. Modelos empíricos

Los modelos empíricos son métodos que se desarrollaron en base a la experiencia,, relacionando parámetros físicos hidrológicos con el fin de derivar la escorrentía a base de ellos. Modelos empíricos bien conocidos son:

1.2.1. El método racional, que rinde el caudal máximo de escorrentía esperado en unidades de $[L^3/T]$ a base de una intensidad de la precipitación máxima en $[L/T]$ en un período igual al tiempo de concentración de la cuenca

1.2.2. El método del número de curva, que rinde el volumen total de la escorrentía total (L^3), combinado con el método del hidrograma unitario, que calcula la distribución del volumen en el tiempo lo que resulta en un hidrograma del caudal en $[L^3/T]$

1.3. Modelos conceptuales

Son basados en alguna idea o concepto del proceso de la conversión de la lluvia en escorrentía. Un modelo bien conocido es el modelo del reservorio lineal, pero en la práctica este modelo tiene utilidad limitada.

El modelo de escorrentía a base del reservorio no-lineal tiene mas aplicabilidad universal, pero solamente vale para cuencas en las cuales se puede considerar que la lluvia tiene una distribución mas o menos igual sobre el área. El tamaño máximo de la cuenca

depende entonces de las características de la precipitación en la región. Cuando el área de estudio es demasiado grande, se puede dividirlo en subcuencas y las hidrogramas respectivas pueden ser combinadas empleando modelos de simulación o modelos hidráulicos de transporte

1.4. Modelos de transporte

Los modelos de transporte hidráulico son modelos matemáticos a base de ecuaciones hidráulicas usadas en la mecánica de fluidos, como la de Saint Venant, para el flujo del agua en el lecho o cauce del río. El transporte del agua se hace normalmente por ciertos tramos del río definidos por una división de la cuenca entera en subcuencas.

La complejidad de las características de la superficie de cuencas hace que los modelos de transporte todavía no son aplicables al proceso de escorrentía hasta el momento que el agua llega a un lecho o cauce bien definido. Por ello estos modelos se usan para el caso que el agua ya entró en un arroyo o río.

1.2.1. El método racional

El método racional se utiliza en hidrología para determinar el Caudal Instantáneo Máximo de descarga de una cuenca hidrográfica.

La fórmula básica del método racional se muestra en la siguiente ecuación:

$$Q_p = C.i.A_d \quad (1)$$

Donde:

Q_p = Caudal máximo expresado en m³/s

C = Coeficiente de escurrimiento (o coeficiente de escorrentía)

i = Intensidad de la precipitación en m/s en un período igual al tiempo de concentración t_c

A_d = Área de la cuenca hidrográfica en m².

Esta fórmula empírica, por su simplicidad, es aun utilizada para el cálculo de alcantarillas, galerías de aguas pluviales, estructuras de drenaje de pequeñas áreas, a pesar de presentar algunos inconvenientes, superados por procedimientos de cálculo más

complejos. También se usa en ingeniería de carreteras para el cálculo de caudales vertientes de la cuenca a la carretera, y así poder dimensionar las obras de drenaje necesarias, siempre que la cuenca vertiente tenga un tiempo de concentración no superior a 6 horas.

Coefficiente de escurrimiento

Se entiende por coeficiente de escurrimiento a la relación entre la lámina de agua precipitada sobre una superficie y la lámina de agua que escurre superficialmente, (ambas expresadas en mm). Se expresa como:

$$k = \frac{E_s}{P_r} \quad (2)$$

Donde:

P_r = Precipitación (en mm)

E_s = Lámina escurrida (en mm)

El valor del parámetro k varía mucho en función del relieve, permeabilidad, vegetación, tipo y uso del suelo, así como también de la pendiente. En el cuadro siguiente se presentan algunos valores generalmente aceptados para precipitaciones de larga duración.

Pendiente

Una pendiente es un declive del terreno, la inclinación de una vertiente con respecto a la horizontal, es decir, el ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno en ese punto. La medición de una pendiente es a menudo expresada como un porcentaje de la tangente. Se usa para expresar la inclinación de, por ejemplo, un camino sobre una elevación de terreno, donde cero indica que se está "a nivel" (con respecto a la gravedad) mientras que cifras correlativas ascendentes designan inclinaciones más verticales. Hay tres sistemas de numeración:

- El ángulo de una horizontal en grados,
- Como porcentaje: se obtiene multiplicando por 100 la tangente del ángulo que define el desnivel o inclinación del suelo.

- Una definición alternativa como porcentaje: el seno del ángulo: la razón del cambio de altitud a la longitud de la superficie entre dos puntos cualquiera.

TABLE 7-9 Runoff Coefficients for the Rational Formula versus Hydrologic Soil Group (A, B, C, D) and Slope Range

Land Use	A			B			C			D		
	0-2%	2-6%	6% ^a	0-2%	2-6%	6% ^a	0-2%	2-6%	6% ^a	0-2%	2-6%	6% ^a
Cultivated land	0.08 ^a	0.13	0.16	0.11	0.15	0.21	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.31
	0.14 ^b	0.18	0.22	0.16	0.21	0.28	0.20	0.25	0.34	0.24	0.29	0.41
Pasture	0.12	0.20	0.30	0.18	0.28	0.37	0.24	0.34	0.44	0.30	0.40	0.50
	0.15	0.25	0.37	0.23	0.34	0.45	0.30	0.42	0.52	0.37	0.50	0.62
Meadow	0.10	0.16	0.25	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.36	0.24	0.30	0.40
	0.14	0.22	0.30	0.20	0.28	0.37	0.26	0.35	0.44	0.30	0.40	0.50
Forest	0.05	0.08	0.11	0.08	0.11	0.14	0.10	0.13	0.16	0.12	0.16	0.20
	0.08	0.11	0.14	0.10	0.14	0.18	0.12	0.16	0.20	0.15	0.20	0.25
Residential lot size 1/8 acre	0.25	0.28	0.31	0.27	0.30	0.35	0.30	0.33	0.38	0.33	0.36	0.42
	0.33	0.37	0.40	0.35	0.39	0.44	0.38	0.42	0.49	0.41	0.45	0.54
Residential lot size 1/4 acre	0.22	0.26	0.29	0.24	0.29	0.33	0.27	0.31	0.36	0.30	0.34	0.40
	0.30	0.34	0.37	0.33	0.37	0.42	0.36	0.40	0.47	0.38	0.42	0.52
Residential lot size 1/3 acre	0.19	0.23	0.26	0.22	0.26	0.30	0.25	0.29	0.34	0.28	0.32	0.39
	0.28	0.32	0.35	0.30	0.35	0.39	0.33	0.38	0.45	0.36	0.40	0.50
Residential lot size 1/2 acre	0.16	0.20	0.24	0.19	0.23	0.28	0.22	0.27	0.32	0.26	0.30	0.37
	0.25	0.29	0.32	0.28	0.32	0.36	0.31	0.35	0.42	0.34	0.38	0.48
Residential lot size 1 acre	0.14	0.19	0.22	0.17	0.21	0.26	0.20	0.25	0.31	0.24	0.29	0.35
	0.22	0.26	0.29	0.24	0.28	0.34	0.28	0.32	0.40	0.31	0.35	0.46
Industrial	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.70
	0.85	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	0.87	0.86	0.86	0.88
Commercial	0.71	0.71	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
	0.88	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89	0.89	0.90
Streets	0.70	0.71	0.72	0.71	0.72	0.74	0.72	0.73	0.76	0.73	0.75	0.78
	0.76	0.77	0.79	0.80	0.82	0.84	0.84	0.85	0.89	0.89	0.91	0.95
Open space	0.05	0.10	0.14	0.08	0.13	0.19	0.12	0.17	0.24	0.15	0.21	0.28
	0.11	0.16	0.20	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.32	0.22	0.27	0.39
Parking	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87	0.85	0.86	0.87
	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97

^a Runoff coefficients for storm recurrence intervals less than 25 years.

^b Runoff coefficients for storm recurrence intervals of 25 years or longer.

Figura 5. Coeficientes de escorrentía para los diferentes tipos de suelo y rango de pendiente

Tipos de suelos hidrológicos

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE SUELOS HIDROLÓGICOS.

DESCRIPCIÓN	Grupo de suelo hidrológico
BAJO POTENCIAL DE ESCORRENTÍA. Suelos que tienen alta tasa de infiltración aún cuando estén muy húmedos. Consisten de arenas o gravas profundas bien excesivamente drenados. Estos suelos una alta tasa de transmisión de agua.	A
MODERADAMENTE BAJO POTENCIAL DE ESCORRENTÍA. Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están muy húmedos. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a drenados, textura moderadamente finos a moderadamente gruesos, y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderada.	B
MODERADAMENTE ALTO POTENCIAL DE ESCORRENTÍA. Suelos con infiltración lenta cuando están muy húmedos. Consisten de suelos con un estrato que impiden el movimiento del agua hacia abajo; suelos de textura moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a las sales o álcali, o suelos con niveles freáticos moderados. Estos suelos pueden ser pobremente drenados o bien a moderadamente bien drenados, con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta a poca profundidad (50-100cm).	C
ALTO POTENCIAL DE ESCORRENTÍA. Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Consisten de suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente; suelos con estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a las sales o álcali, y suelos poco profundos sobre materiales casi impermeable. Estos suelos tiene tasas de transmisión muy lenta.	D
Referencia: Hidrología en la Ingeniería, Germán Monsalve Sáenz, 1999.	

Figura 6. Descripción del tipo de suelos hidrológicos.

Captación de agua

La captación de agua de lluvia es un sistema ancestral que ha sido practicado en diferentes épocas y culturas. Este sistema es un medio fácil y sensato de obtener agua para el consumo humano y para el uso agrícola. En aquellos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se cuenta con la suficiente cantidad y calidad de agua para consumo humano, se puede recurrir al agua de lluvia como fuente de abastecimiento.

Un sistema básico de captar el agua de lluvia consiste en ser interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior. El hombre puede captar el agua eficientemente en ciertos puntos de éste ciclo. El comprender cómo el agua circula alrededor de la tierra ayuda en la selección de la tecnología más apropiada para su almacenamiento. La escasez de agua en varias regiones del mundo puede aliviarse captando el agua de escorrentía. Los criterios para determinar cuál es el mejor método para represar el agua incluyen: 1) el objetivo por el cual ésta se recolecta; 2) la pendiente del terreno; 3) las características del suelo; 4) los costos de construcción; 5) la cantidad, intensidad y

distribución estacional de las lluvias; 6) factores sociales tales como la tenencia de la tierra y las prácticas tradicionales del uso del agua.

Ventajas y desventajas de la captación de agua de lluvia para su consumo humano:

Ventajas:

- Alta calidad físico química del agua de lluvia
- Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales
- No requiere energía para la operación del sistema
- Fácil de mantener
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección.

Desventajas:

- Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos
- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.⁽³⁾

Universidad Simón Bolívar

La Universidad Simón Bolívar se encuentra en Sartenejas, en el Municipio Baruta, con casi 230 hectáreas de terreno en el Valle de Sartenejas, la USB ha construido 78 edificios con más de 4000 espacios internos que albergan 190 aulas, laboratorios, oficinas administrativas y de servicios y espacios de circulación, así como un sector recreativo de poco más de 20 hectáreas, que es utilizado por la comunidad interna y externa en especial los fines de semana. La zona de protección ambiental alcanza las 165 hectáreas. Adicionalmente, existen cinco fuentes ornamentales y más de 124.000 metros cuadrados de caminerías y rutas.⁽⁴⁾

Vegetación USB

La Universidad Simón Bolívar cuenta con varios tipos de vegetación entre los cuales encontramos, la plantación de pinos, el bosque nativo, sabanas y matorrales. Esta vegetación determina directamente como es el proceso de escorrentía dependiendo de las especies involucradas y como sea el proceso de evapotranspiración. A continuación mostramos los tipos de vegetación antes mencionados:



Figura 7. Vegetación de la USB

Estación meteorológica ⁽⁵⁾

La estación meteorológica fue instalada el 25/sep/2009. El modelo Vantage Pro2 Plus (Davis Instruments) cuenta sensores para medir temperatura, humedad, presión atmosférica, precipitación, radiación solar, índice ultravioleta, velocidad y dirección del viento. Usando los datos de la estación, el sistema estima automáticamente las siguientes variables: evapotranspiración, índice de calor, sensación térmica y punto de rocío.

Especificaciones de los sensores

- Temperatura: -40° a $+65^{\circ}\text{C}$, precisión $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Presión Atmosférica: 660.0 a 810.0 mm Hg, precisión ± 0.8 mm Hg
- Humedad relativa: 0 a 100%, precisión $\pm 5\%$
- Precipitación: 0 a 1999.9 mm/hr, precisión $\pm 5\%$ o 1 mm/hr

- Velocidad del viento: 1 a 67 m/s, 3 a 241 km/h, precisión 5 km/h, 1.5 m/s o $\pm 5\%$
- Dirección del viento: 16 puntos (22.5°) de una brújula, precisión $\pm 4^\circ$
- Radiación solar: 0 a 1800 W/m², precisión $\pm 5\%$
- Índice UV: 0 a 16, precisión $\pm 5\%$

Los sensores se encuentran instalados en el techo del Edificio de Comunicaciones de la Universidad Simón Bolívar (10.410°N , 66.882°W). La estación cuenta con una celda solar que le provee de energía durante el día, y una batería que le permite seguir funcionando en ausencia de luz solar. Los datos son transmitidos inalámbricamente cada 2.5 segundos a una consola que los registra. Éstos son posteriormente descargados cada minuto a una computadora para generar y distribuir los informes climatológicos. La computadora que realiza este proceso se encuentra en las oficinas del Departamento de Teléfonos en la PB de Comunicaciones. Para el proceso de comunicación entre la consola y la computadora, así como para la generación de reportes automáticos se utiliza el programa [wviewweather](#) una aplicación libre y abierta que ha sido modificada para adaptarla a nuestras necesidades.

Disponibilidad de Datos

Actualmente se generan diariamente resúmenes climatológicos mensuales en un formato estándar. También están disponibles registros a intervalos de 10 minutos agrupados por día.

Adicionalmente, puede descargar un archivo CSV con todos los valores registrados por la estación desde su puesta en funcionamiento. Por favor tome en cuenta lo siguiente a la hora de utilizar estos datos: (1) la columna de fecha utiliza el formato ISO 8601 y (2) los valores utilizan el sistema anglosajón de unidades.

Toda la información recopilada por la estación está disponible al público general bajo la única condición de que se reconozca y se especifique claramente el origen de los datos.

Tanques de agua

Los tanques de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable y así poder compensar las variaciones horarias de la demanda de agua potable. Puesto que las plantas de tratamiento de agua potable funcionan mejor si tienen poca variación del caudal tratado, conviene mantener aproximadamente constante el caudal. Las plantas de tratamiento se dimensionan para trabajar con un caudal fijo y los tanques absorben las variaciones horarias: cuando hay poco consumo (como en la noche) se llenan, y cuando el consumo es máximo (como, por ejemplo, a la hora de cocinar) se vacían.

Tipos de tanques

- ✓ Los tanques de agua, desde el punto de vista de su uso, pueden ser: Públicos, cuando están localizados de forma tal en la ciudad que pueden abastecer a un amplio sector de esta y Privados, cuando se encuentran al interior de las viviendas, o en el terreno de un edificio de apartamentos, y sirven exclusivamente a los moradores de este.
- ✓ Desde el punto de vista de su localización, los tanques de agua pueden ser: Enterrados (subterráneos), Apoyados sobre el suelo (de superficie), Aereos (por encima del nivel de los techos). Estos tres tipos de tanques pueden llegar a tener grandes dimensiones, hasta varios miles de m³

Cuando sea necesario diseñar tanques de almacenamiento, el volúmen del diseño debe ser igual por lo menos al consumo de un día; en caso de diseñar tanques subterráneo y elevado, el volúmen total debe tomarse un cuarenta por ciento (40 %) para el tanque elevado y sesenta por ciento (60 %) para el tanque subterráneo.⁽⁶⁾

Tanques Subterráneos

Las dimensiones de los tanques subterráneos varían de acuerdo al volumen a almacenar. Si se tienen tanque elevado y subterráneo, el volumen mínimo entre los dos debe ser el correspondiente al consumo del día.

El tanque subterráneo puede almacenar entre el 60 y el 80 por ciento del volumen total calculado para un día. Generalmente son de forma cuadrada o rectangular. Debe tenerse en cuenta que tanques poco profundos dan superficies muy grandes, y por lo contrario muy profundos los muros deben ser de mayor consistencia y como consecuencia mas aumentaría la cabeza de succión de la bomba.

Todo tanque debe tener:

- ✓ Ventana de acceso de dimensiones adecuadas y ventilación.
- ✓ Un borde libre entre 20 y 30 centímetros
- ✓ Depresión en el fondo para la coladera.
- ✓ Conexión de drenaje en el fondo para limpieza.
- ✓ Conexión en rebose.

Los tanques deben proveerse de un sistema de ventilación, con protección adecuada para impedir la penetración de insectos y de otros animales. Para ello se recomienda la utilización de "U" invertida, protegidos a la entrada con rejillas o telas metálicas y separadas del techo a no menos de 30 Cm.

La tubería de rebose se conectará con descarga libre a la tubería de limpieza y no se proveerá de llave, permitiendo a la descarga en cualquier momento. El diámetro de la tubería de rebose estará determinado por la altura de la cámara de aire en el tanque, o permitiendo un gasto igual al gasto de llegada y evitando presión sobre la tapa. En todo caso es aconsejable que el diámetro de la tubería de rebose no sea menor que el de llegada.

(7)



Figura 8. Tanque subterráneo

Tuberías

Las tuberías son un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos y se suele elaborar con materiales muy diversos, dependiendo del uso que se le otorgue. Cuando el líquido transportado es petróleo, se utiliza la denominación específica de oleoducto. Cuando el fluido transportado es gas, se utiliza la denominación específica de gasoducto. También es posible transportar mediante tubería materiales que, si bien no son un fluido, se adecúan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, documentos encapsulados, etcétera.

Las tuberías se construyen en diversos materiales en función de consideraciones técnicas y económicas. Suele usarse el hierro fundido, acero, latón, cobre, plomo, hormigón, polipropileno, PVC, polietileno de alta densidad (PEAD), etcétera.⁽⁸⁾

Sistemas de bombeo

En la mayor parte de los procesos industriales en la actualidad es necesario realizar transferencias de líquidos desde un nivel de presión a otro. Estos procesos de transporte que en general ocurren desde una cota más baja a otra en un punto más elevado y en los que además es necesario vencer presiones y desniveles, son posibles mediante el empleo de los sistemas de bombeo.

Las bombas hidráulicas transforman la energía mecánica generada por el motor en energía hidráulica. Ésta energía generada se suma a la energía cinética y potencial del líquido a impulsar. Gracias a la fuerza de rozamiento es posible la transmisión de la energía hidráulica generada al líquido.

El movimiento rotacional que genera esta transmisión de energía es debido a la parte de la bomba denominada rodete, el cual es un impulsor constituido por álabes que impulsan al líquido hacia el cuerpo de la bomba transformándose, en este momento, la energía cinética en energía de presión la cual posibilita dirigir el líquido hacia la conducción de salida de la bomba.

Para determinar el sistema de bombeo adecuado a un problema en concreto es necesario tener en cuenta una serie de variables. Es importante referenciar al hablar acerca de las bombas la diferencia existente entre los diferentes tipos de altura. Cuando hablamos de altura geométrica, indicamos la distancia vertical existente entre una superficie libre de líquido y una cota de referencia. Si por el contrario hablamos de altura manométrica o total nos estamos refiriendo a la suma de esa altura geométrica y a las pérdidas de carga que no son más que las fuerzas que se oponen al avance del líquido a través de las tuberías y otros elementos hidráulicos debido a las fuerzas de rozamiento.⁽⁹⁾

GPS o Sistema de Posicionamiento Global

El sistema GPS (Global Positioning System) o Sistema de Posicionamiento Global es un sistema compuesto por una red de 24 satélites denominada NAVSTAR, situados en una órbita a unos 20.200 km. de la Tierra, y unos receptores GPS, que permiten determinar nuestra posición en cualquier lugar del planeta, de día o de noche y bajo cualquier condición meteorológica. La red de satélites es propiedad del Gobierno de los Estados Unidos de América y está gestionado por su Departamento de Defensa (DoD).

Cada satélite procesa dos tipos de datos: las Efemérides que corresponden a su posición exacta en el espacio y el tiempo exacto en UTM (Universal Time Coordinated), y los datos del Almanaque, que son estos mismos datos pero en relación con los otros satélites de la red, así como también sus órbitas. Cada uno de ellos transmite todos estos datos vía señales de radio ininterrumpidamente a la Tierra. Cuando nosotros encendemos

nuestro receptor GPS portátil y apuntamos la antena hacia el cielo, empezamos a captar y recibir las señales de los satélites (el receptor GPS no envía ninguna señal de radio, sólo las recibe) empezando por la más fuerte, de manera que puede empezar a calcular la distancia exacta hasta ese satélite, así como saber dónde buscar los demás satélites en el espacio.

Una vez que el receptor GPS ha captado la señal de, al menos, tres satélites, entonces puede conocer la distancia a cada uno de ellos y puede calcular su propia posición en la Tierra mediante la triangulación de la posición de los satélites captados, y nos la presenta en pantalla como Longitud y Latitud. Si un cuarto satélite es captado, esto proporciona más precisión a los cálculos y se muestra también la Altitud calculada en pantalla. ⁽¹⁰⁾

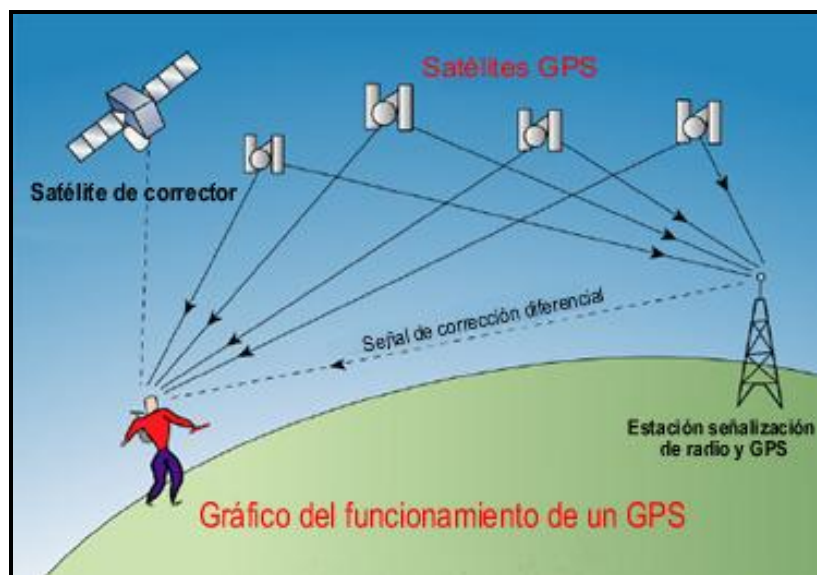


Figura 9. Funcionamiento de un GPS

CAPÍTULO III

ALCANCES DEL PROYECTO

Estimar el área del Valle y el patrón de escurrimiento superficial.

Para realizar el estimado del área de la Universidad Simón Bolívar, se utilizó una imagen base de Google Earth, como es de vital importancia comprender los patrones de

escurrimiento que se tiene en el valle, se superpuso un patrón de las cuencas y subcuencas que se tienen en esta área. Fue imprescindible agruparlas como se muestran a continuación, para poder dividir los posibles puntos de toma del agua de escorrentía, esto se realizó tomando como referencia las diferentes pendientes, así como la forma en que las montañas del valle están dispuestas.

Se tomaron para su estudio las cuencas 1, 2, 3-7 (las dos como una sola), 5-6 (las dos como una sola). La n° 4 no se tomo por estar urbanizada. Es importante señalar, que se tiene que verificar si efectivamente las agrupaciones hechas coinciden con la realidad, es decir, si el agua tiende a escurrir hacia las delimitaciones que se están suponiendo.

Con la ayuda de herramientas informáticas, se pudo estimar el área de cada una de las sub-cuencas y en ellas el área que representa el bosque nativo con la plantación de pinos, la sabana y el suelo desnudo.

En las siguientes tablas se muestran las áreas en m²

Cobertura (m ²)	Cuenca 1	Cuenca 2	Cuenca 3	Cuenca 4	Cuenca 5	Cuenca 6	Cuenca 7
Suelo desnudo	60000	60000	120000	160000	10000	20000	10000
Sabana	270000	90000	90000	20000	120000	100000	30000
Bosque + pino	390000	290000	100000	0	30000	90000	50000

Cobertura (m ²)	Área urbanizada
Suelo desnudo	600000
Sabana	340000
Bosque + pino	110000

Tabla 2. Área de las sub-cuencas utilizadas

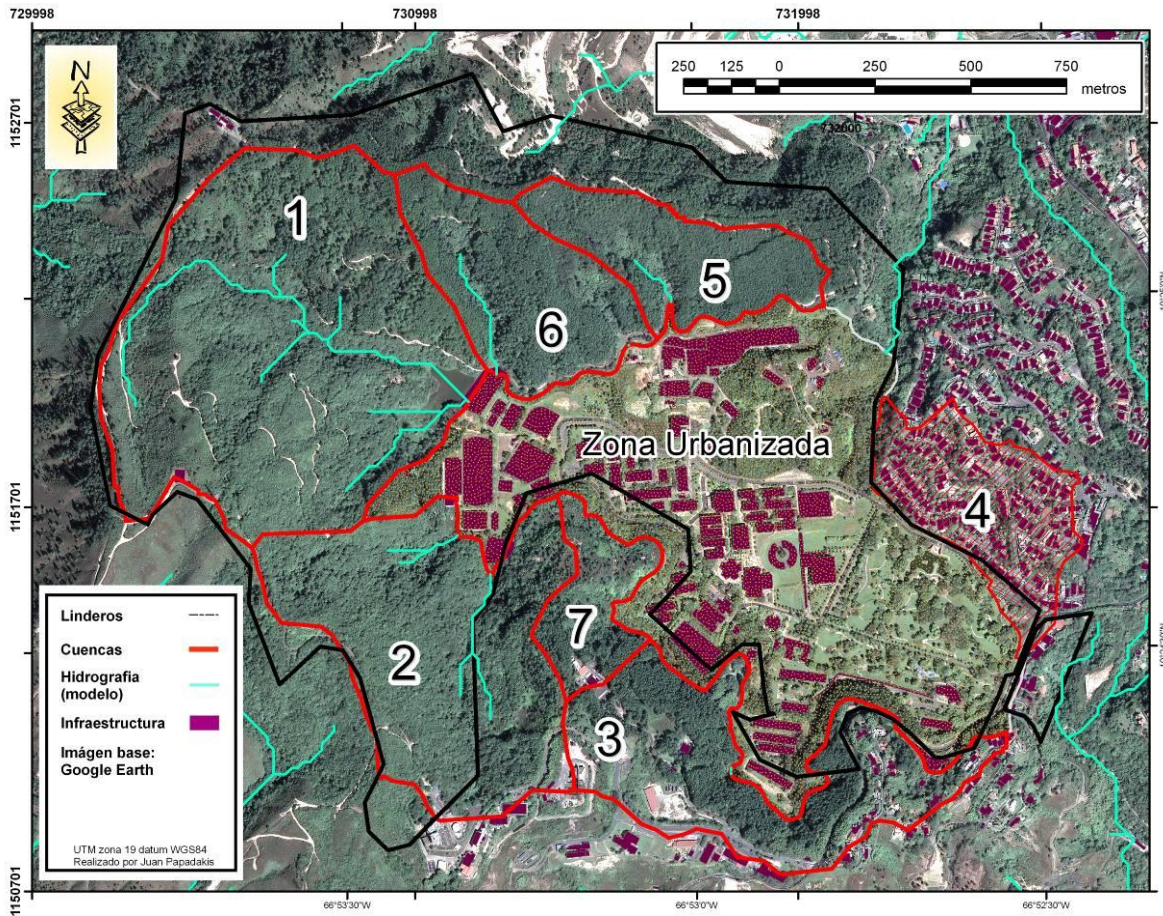


Figura 10. Plano satelital de USB y sus adyacencias

También se obtuvo un estimado de las pendientes, están presentadas a continuación:

Pendiente	Cuenca 1	Cuenca 2	Cuenca 3	Cuenca 4	Cuenca 5	Cuenca 6	Cuenca 7
0 – 5	5.4148	3.5355	4.3989	4.724	0.839	0.9649	0.7174
5 – 12	2.0311	6.0521	6.7563	5.8527	1.3723	0.9845	1.6719
12 – 25	25.8102	11.2651	9.1528	4.5825	6.9927	7.0193	2.5434
25 – 40	32.7419	18.6499	9.5587	2.1702	5.7134	7.7736	3.1436
40 – 70	6.5217	4.5825	1.2262	0.923	1.8077	4.3819	1.0826
>70	0.007	0.0188	0	0.0425	0.0004	0	0

Pendiente	Área urbanizada
0 – 5	63.535755
5 – 12	16.029864
12 – 25	12.115786
25 – 40	10.303527
40 – 70	2.882217
>70	0.000452

Tabla 3. Pendientes de las sub-cuencas utilizadas

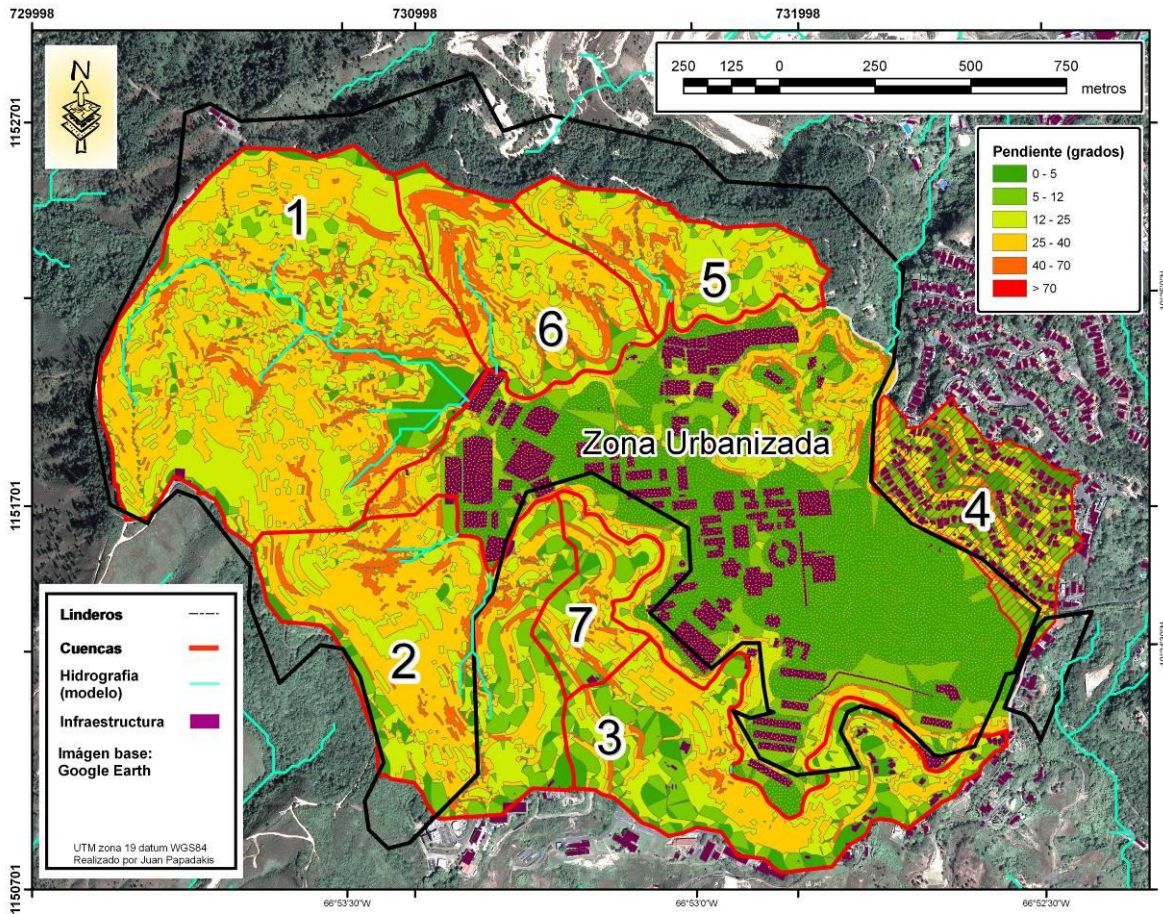


Figura 11 Plano satelital con grados de pendientes

Se obtiene una resolución del campus universitario, con las indicaciones del tipo de cobertura presente que son necesarias para la obtención del coeficiente de escurrimiento.

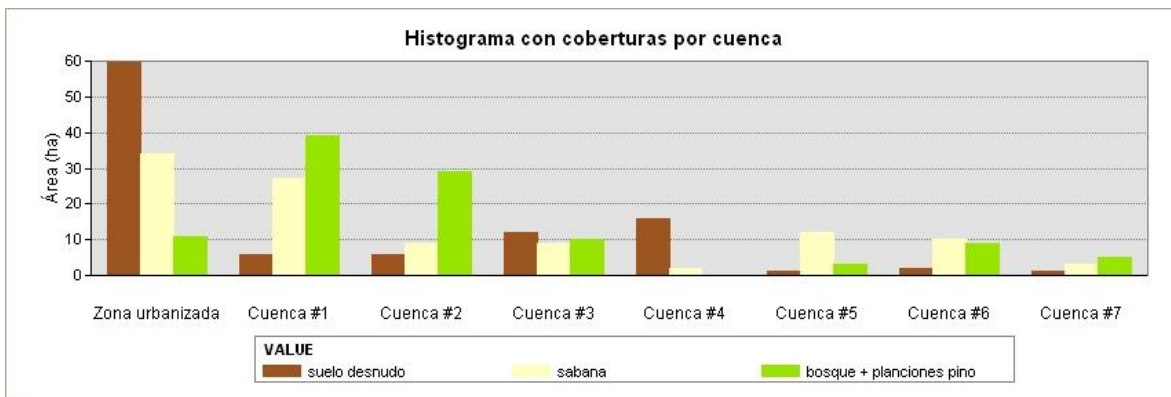


Figura 12. Histogramas con tipo de cubierta vegetal

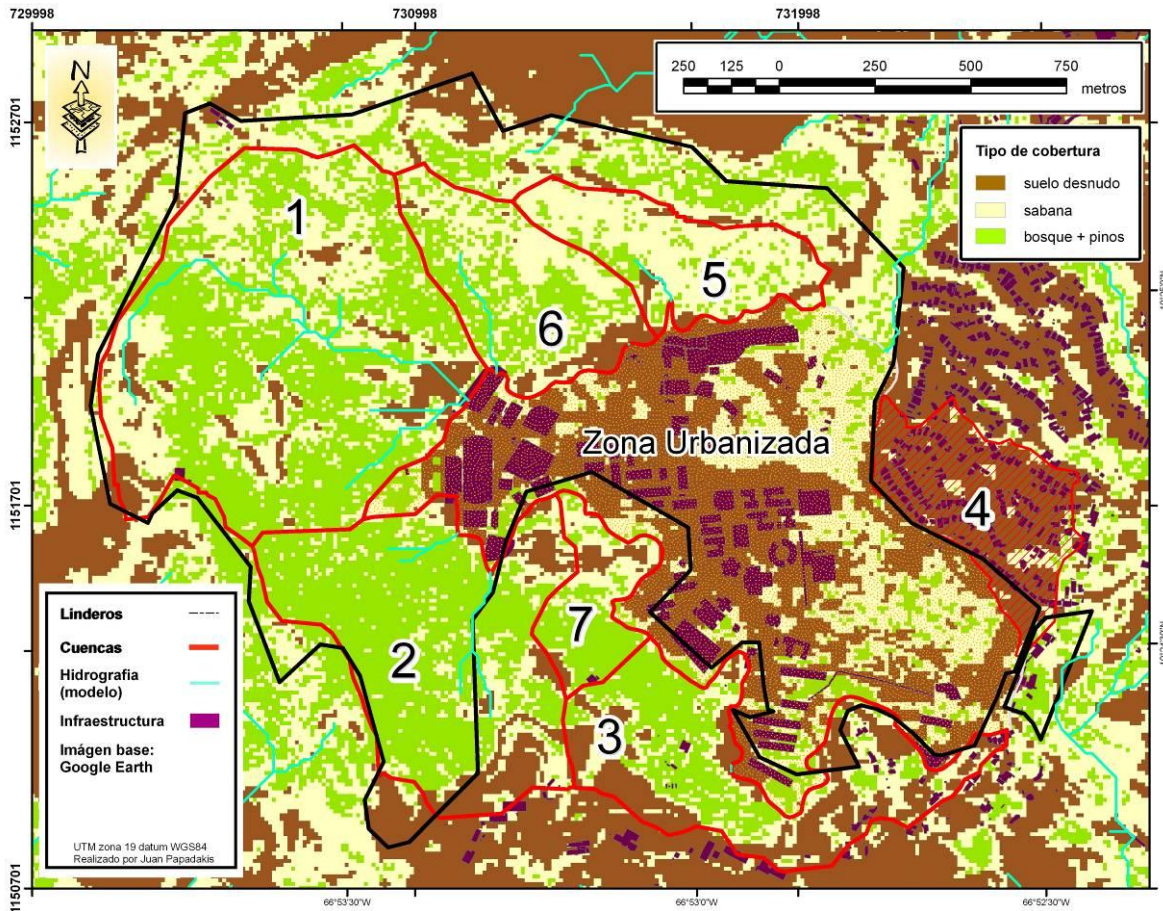


Figura 13. Plano satelital con tipo de cobertura vegetal

Se realizó una investigación en campo y con ayuda de un GPS, se registró todos los canales naturales y canales hechos por el hombre en todo el campus, colocándose una marca en cada sitio de importante acotación (ver anexos).

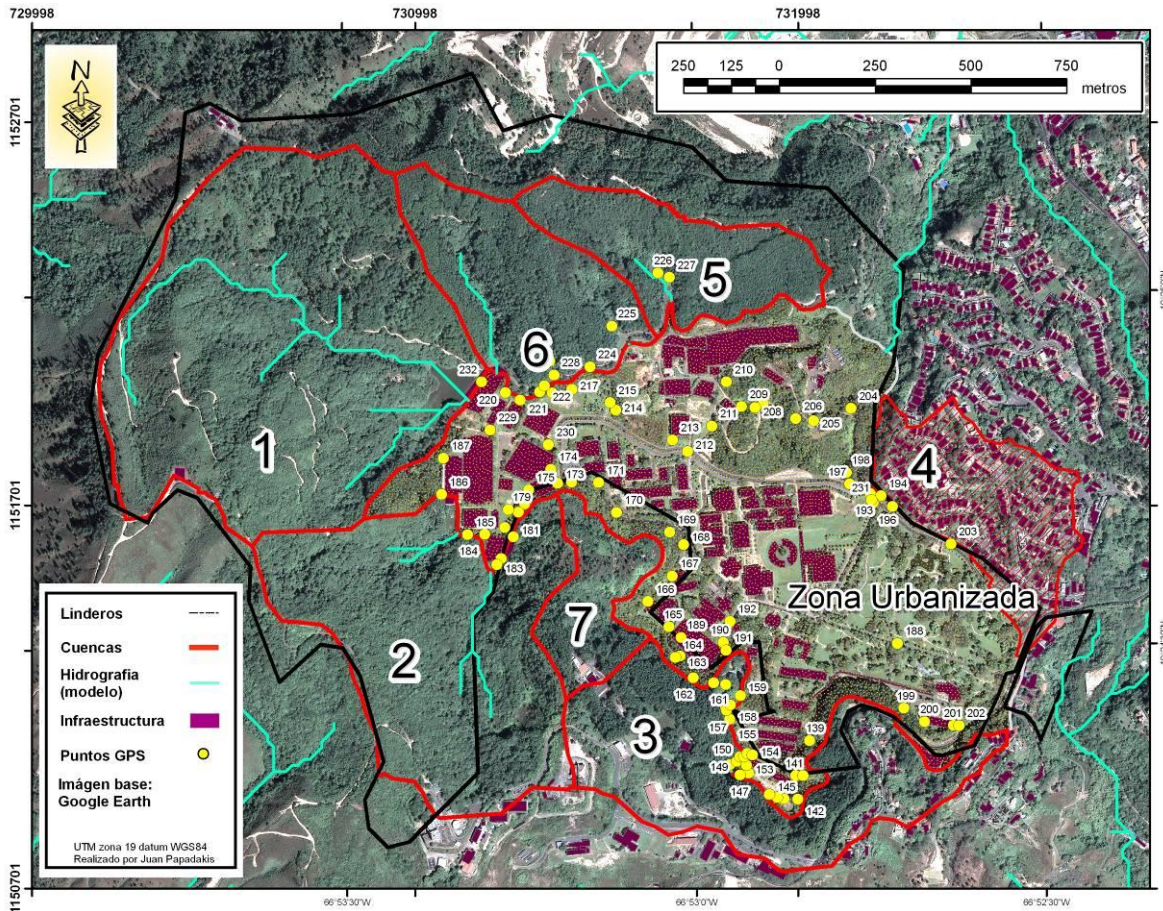


Figura 14. Plano satelital con marcas realizadas con GPS

Estimar la capacidad teórica de captación de agua del embalse de la USB.

Para determinar la capacidad teórica del embalse, primero se debe estudiar el caudal teórico a recolectar por las sub-cuencas seleccionadas; para ello primero se debe conseguir los registros de precipitaciones por día en un año. Por no haber conseguido ese registro, se colocaron las que suministró la estación que esta ubicada dentro de la universidad y que presta sus servicios desde el 25 de septiembre de 2009. Segundo se debe precisar que valor de coeficiente de escurrimiento a utilizar y eso dependerá del tipo de suelo esta presente así como el uso que tiene; se colocó un suelo Tipo C y con pendientes <6 y se tomó uno valor para el bosque y otros para sabana y suelo desnudo. Con esos valores y el área ya estimada, se procede a estimar los caudales potenciales a tener.

Para estimar la capacidad de captación teórica mínima del embalse se tomó el promedio del mes donde se reportan mayores precipitaciones (junio) y se estimó el total de agua captado por las cuatro cuencas, que en teoría debería ser máximo caudal que llegaría al embalse en el mes más lluvioso. Para una precipitación de 154.4 mm/mes se necesitaría una capacidad de captar un caudal igual a:

Caudal (m³/mensual)	91157.76
---------------------------------------	-----------------

Anualmente con los promedios históricos registrados, se tiene un potencial de captación de lluvia en las cuatro sub-cuencas de:

Caudal (m³/anual)	594591.84
-------------------------------------	------------------

Proyectar preliminarmente un sistema de captación de agua torrencial a partir de la distribución de lluvias en la USB durante el año y visualizar sitios potenciales para la ubicación de los sitios de captación.

El sistema de captación que se pretende diseñar consiste en un tanque de captación de agua con una bomba de capacidad y potencia adecuada para bombear el caudal de escorrentía al Embalse USB; con la finalidad de coleccionar esta cantidad de agua para que posteriormente sea empleada en el proyecto de aprovechamiento del agua del embalse en la potabilización del agua para el uso y consumo humano en la Universidad.



Figura 15. Embalse USB.

Para realizar un diseño preliminar de un sistema de captación de agua de escorrentía se requirió la data de pluviosidad anual, mensual y diaria de los últimos meses (Septiembre 2009- Julio 2010) y se calculó el caudal por cuenca en m³/día (Gráficas 20 a la 23).

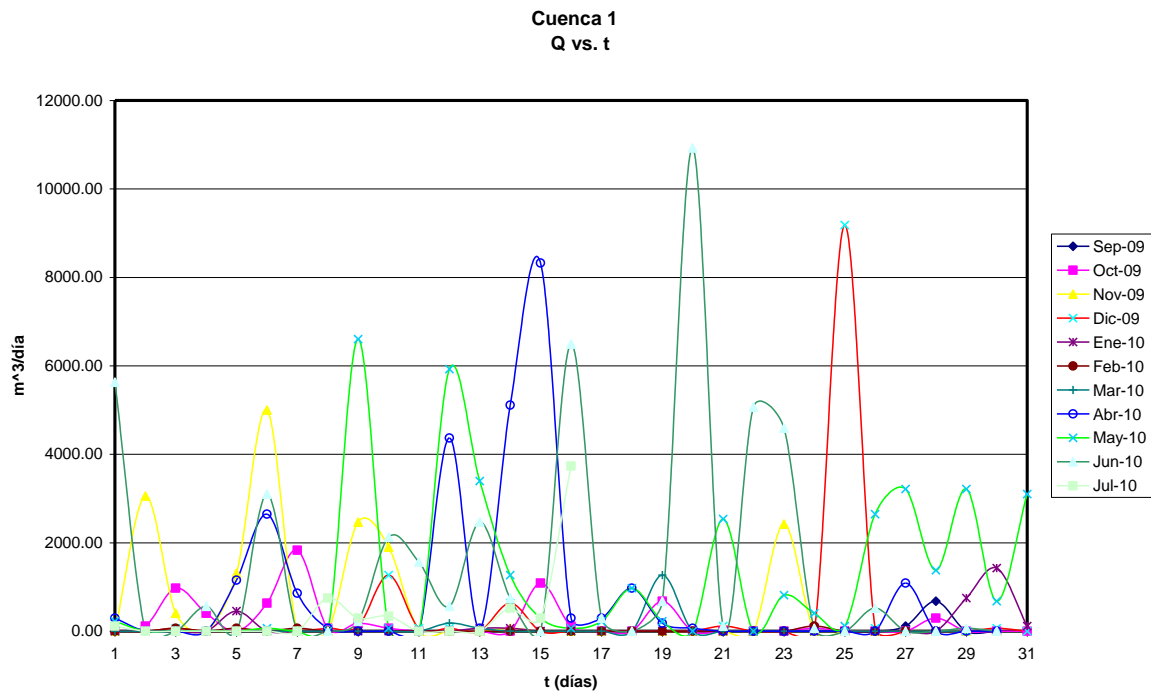


Figura 16. Data Pluviosidad Sep-09 a Jul-10 Cuenca 1

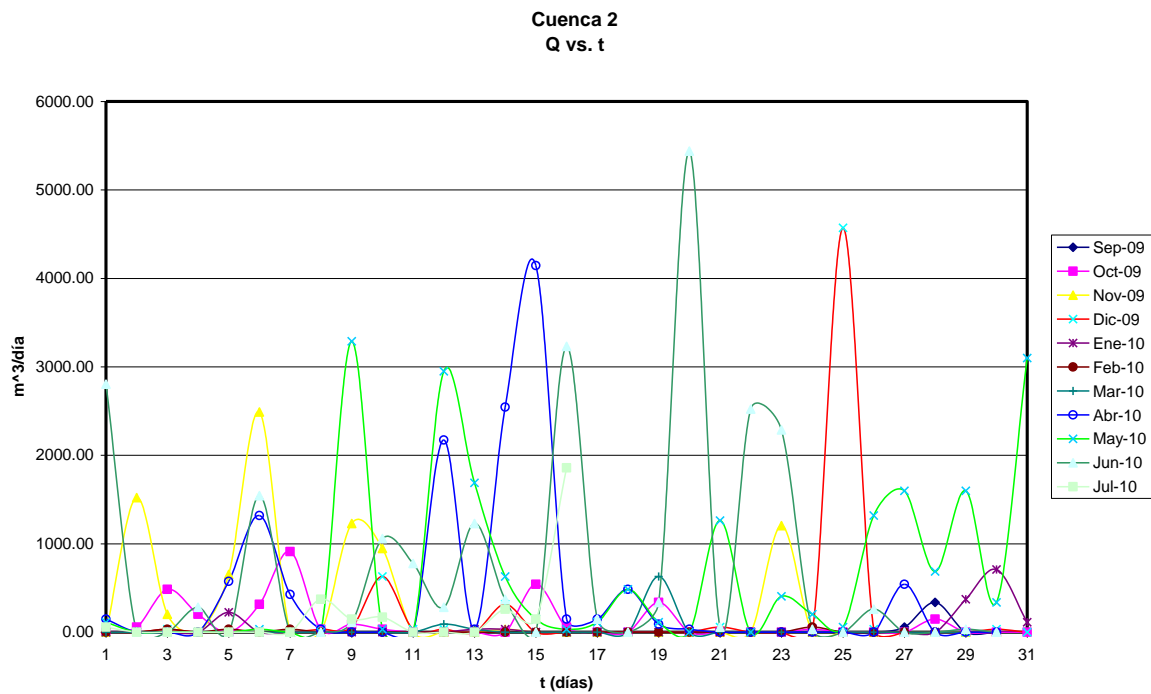


Figura 17. Data Pluviosidad Sep-09 a Jul-10 Cuenca 2

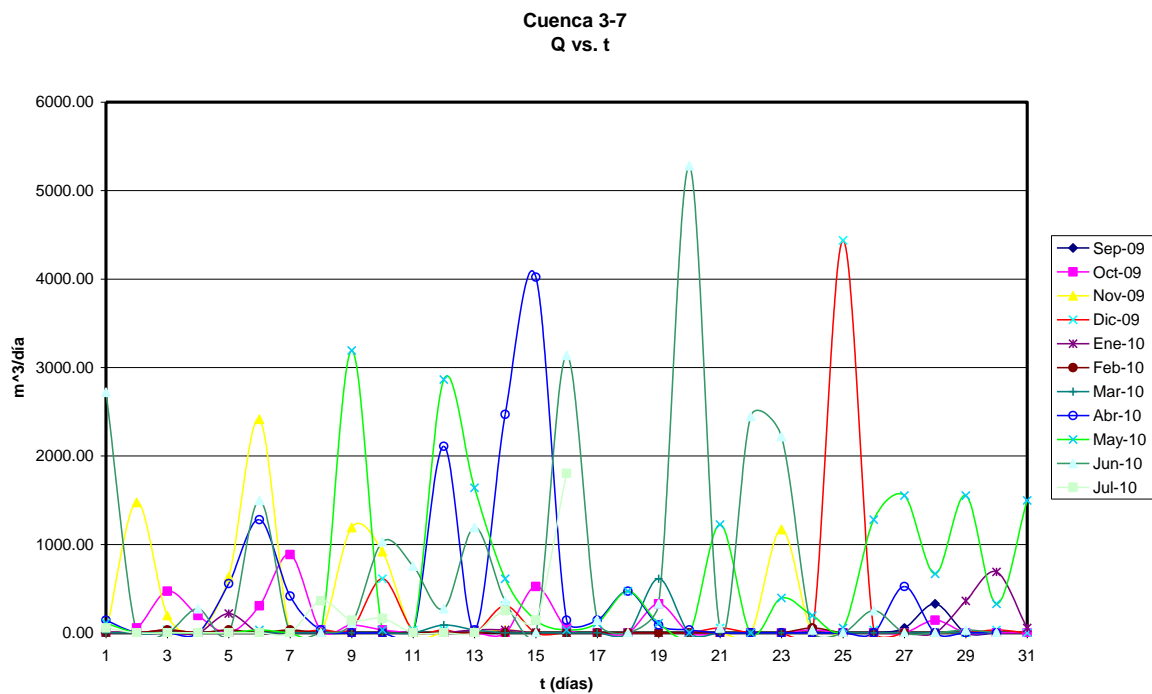


Figura 18. Data Pluviosidad Sep-09 a Jul-10 Cuenca 3-7

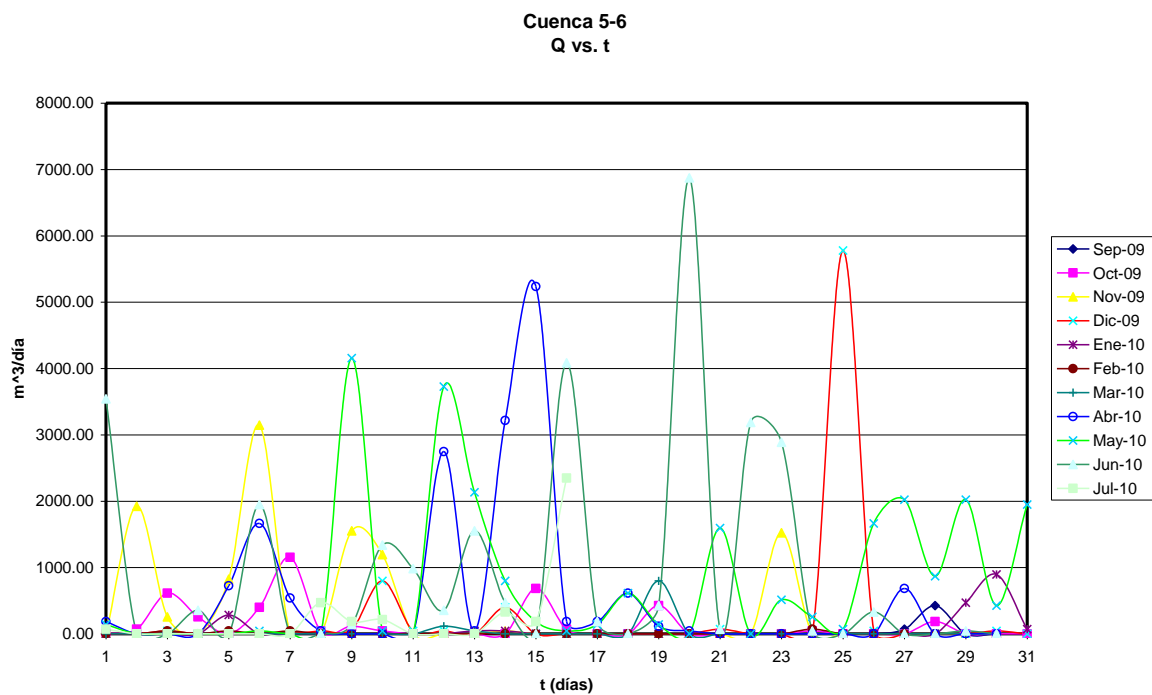


Figura 19. Data Pluviosidad Sep-09 a Jul-10 Cuenca 5-6

Al observar las gráficas se evidencia que los meses de mayor pluviosidad y por ende mayor caudal de escorrentía son Diciembre 2009, Abril 2010 y Junio 2010. Al revisar la data para estos meses se pudo observar los días de mayor pluviosidad fueron el 25 de Diciembre de 2009, 15 de abril de 2010 y 20 de junio de 2010 (ver anexo B). Se buscó en la data diaria el comportamiento pluvioso durante esos días, en donde se pudo evidenciar que para el 25 de diciembre, segundo día con mayor pluviosidad, se registró la mayor cantidad de lluvia en menor tiempo, llegando a un valor máximo de 12, 7 mm entre las 4:30 y 4:40 pm (ver Anexo C), introduciendo este valor a la ecuación del cálculo de caudal de escorrentía para cada una de las cuencas, en función de la vegetación (infiltración y evaporación), y sumando se obtiene el caudal total de escorrentía para este valor máximo de precipitación, siendo entonces igual $7500 \text{ m}^3/10 \text{ min}$ equivalente a $750 \text{ m}^3/\text{min}$.

Durante el dimensionamiento se tomaron en cuenta diferentes aspectos, los cuales se mencionan a continuación:

- Caudal de entrada de agua de escorrentía.

Como se mencionó anteriormente y se pudo observar en las gráficas existen días con alta pluviosidad, por ende altos caudales de agua (calculados teóricamente) de hasta $750 \text{ m}^3/\text{min}$, pero hay un contraste con meses como febrero del mismo año, donde se registra muy poca pluviosidad, en la Figura 20 se compara el mes de mayor pluviosidad con el de menor pluviosidad en la cuenca 2, donde siendo meses del mismo año y muy cercanos hay alta variación. Esto se debe principalmente a las variaciones climáticas de una zona tropical.

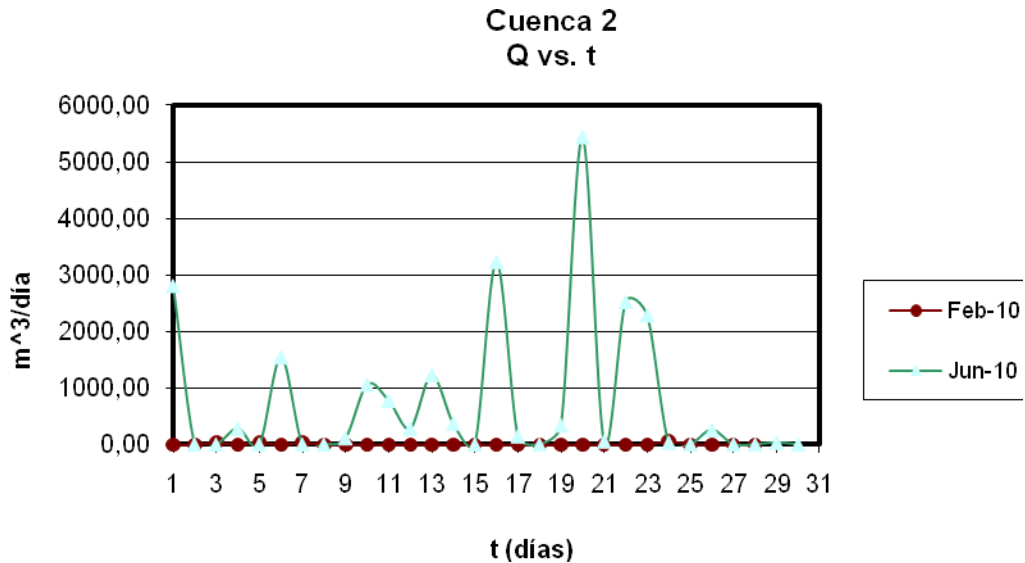


Figura 20. Comparación de los meses con mayor y menor pluviosidad

Hay que tomar en cuenta que de todas las cuencas las 1,5 y 6 desembocan sus aguas en el embalse ubicados en las canchas de las USB, por lo tanto la recolección de este tanque sería únicamente de las cuencas 2, 3 y 4. Por lo tanto se decidió suponer como caudal de escorrentía $Q_{\text{escorrentía}} = 300 \text{ m}^3/\text{min}$, y fijando el caudal de salida en $Q_{\text{salida}} = 50 \text{ m}^3/\text{min}$.

- **Tamaño del tanque**

El tamaño debe ir relacionado con el caudal de entrada estimado y caudal de salida, solo así se puede determinar el mismo, de acuerdo al punto anterior $Q_{\text{escorrentía}} = 300 \text{ m}^3/\text{min}$, y $Q_{\text{salida}} = 50 \text{ m}^3/\text{min}$ se tiene por balance de masa que:

$$Q_{\text{escorrentía}} = Q_{\text{entrada}} = Q_{\text{succión}} + Q_{\text{acumulado}}$$

$$Q_{\text{acumulado}} = Q_{\text{entrada}} - Q_{\text{succión}}$$

$$Q_{\text{acumulado}} = 300 \text{ m}^3/\text{min} - 50 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_{\text{acumulado}} = 250 \text{ m}^3/\text{min}$$

Por lo tanto se decidió diseñar un tanque de un volumen de 300 m^3 . Cabe destacar que un tanque con estas dimensiones se pretende recolectar toda el agua posible de escorrentía, según los datos registrados en el último año.

- Forma del tanque de almacenamiento

Se eligió de forma cilíndrica, ya que de esta manera se disminuyen los puntos o esquinas que favorecen la acumulación de residuos y la formación de algas. Para un tanque cilíndrico de 350 m³ las dimensiones del tanque son altura en 7 m y radio 3,7 m (diámetro 7,4 m).

- Lugar propuesto para construcción del tanque

Por motivos de espacio y aprovechamiento del área el lugar óptimo para la ubicación del sistema de captación de la Universidad Simón Bolívar se definió en la entrada de la universidad cerca del desagüe principal. En la Figura 21 y 22 puede apreciarse el área propuesta. Además como esta área es uno de los puntos más bajos de la universidad se aprovecha la inclinación para la acumulación el agua, y todos los canales ya construidos se dirigen a esta zona por ser el desagüe principal.



Figura 21. Espacio lateral a la vía de entrada principal a la Universidad.

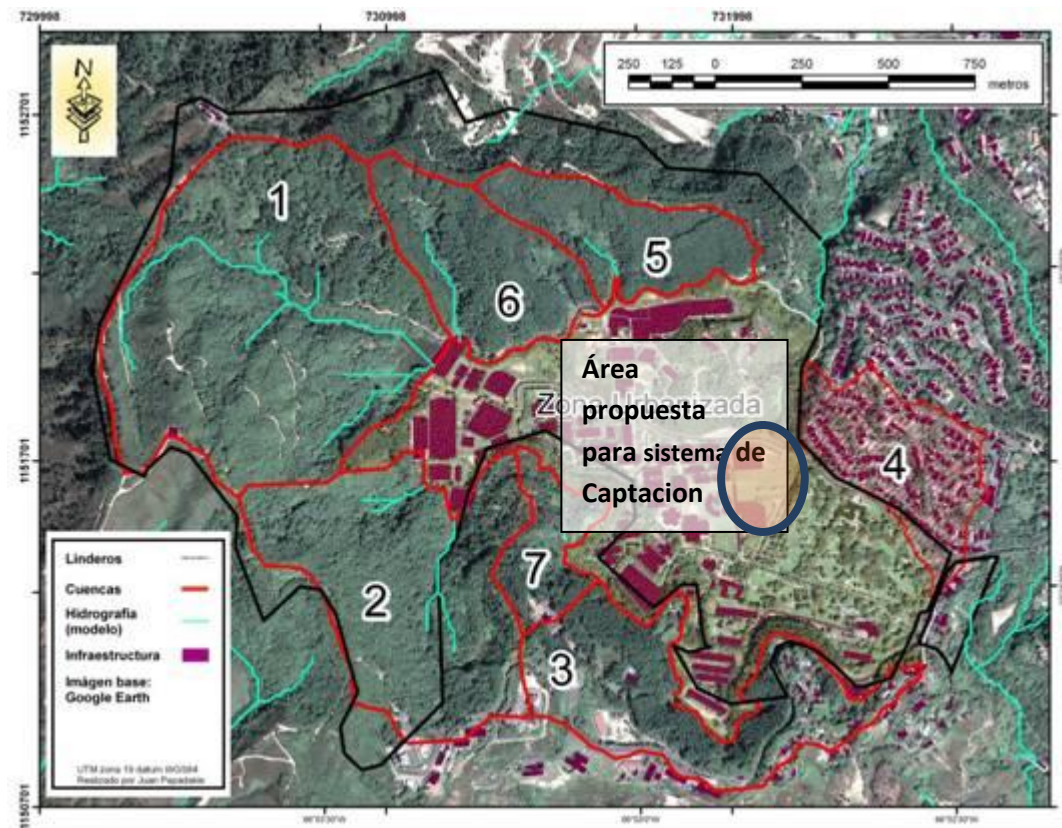


Figura 22. Mapa USB y Área Propuesta

El lugar propuesto tiene una altitud de 1198 m, medidos con el GPS, mientras que el embalse se encuentra a una altura de 1238 metros , tomada en la parte arriba del embalse. Se estima que la entrada de la tubería debe estar aproximadamente a unos 1230 metros

- Bomba

Para el envío del agua desde el punto de almacenamiento hasta el embalse es necesario accionar una bomba. Cabe destacar que la misma no puede estar prendida siempre ya que hay largos periodos de sequia durante el año.

Para saber en qué momento debe ser accionada la bomba se propone un sistema de control de nivel que accione el equipo cuando el tanque alcance un nivel determinado y se apague cuando llegue a otro nivel. Se determinó que el caudal de accionamiento es a una altura de 1m y se apaga a una altura de 30cm.

La presión de entrada a la bomba es igual a la presión estática causada por una columna de líquido o gas dentro de un recipiente, y viene dada por la siguiente expresión:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (3)$$

Donde:

P: presión [Pa]

ρ : densidad del agua: 1000 Kg/m³

g: gravedad: 9.8 m/s²

h: altura de la columna de líquido

Por lo tanto se tiene que en el momento de prender la bomba la presión de entrada es de 9,8Kpa y en el momento de apagarla es de 2,9 KPa. La presión de salida de la bomba es calculada a partir de la ecuación de Bernoulli , la cual define el comportamiento de un fluido dentro de una tubería suponiendo que no hay perdidas por fricción, que el flujo es laminar y que el fluido es incompresible, y establece que:

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + h_2 \quad (4)$$

Con la misma nomenclatura anterior, suponiendo las velocidades del fluido constante, la diferencia de altura de 1230-1198=32 metros, y las demás consideraciones de la ecuación, la presión requerida es de 424,72 KPa en el momento en el cual se prende la bomba. Se toma como presión de la bomba unos 480 KPa, por las caídas de presión en las tuberías de unos 60Kpa (10 psi)

Dimensionamiento de la bomba:

En la Figura 26. Puede apreciarse algunos tipos de bombas usualmente empleadas, la capacidad y eficiencia la que trabajan

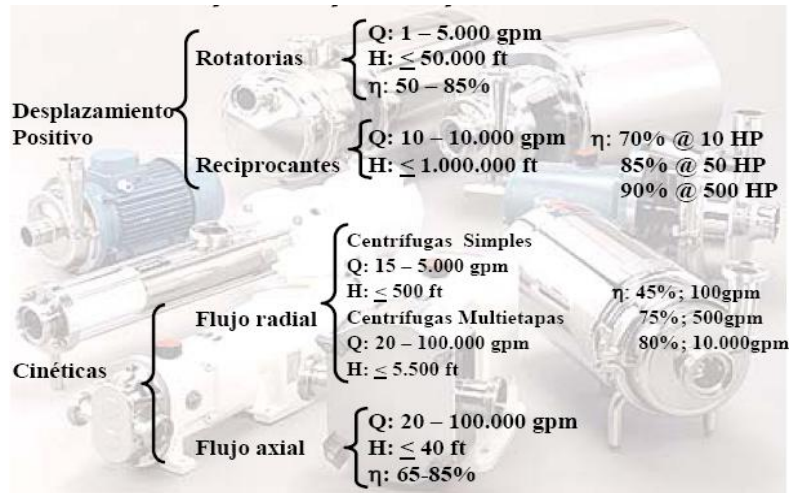


Figura 23. Tipos de bomba y parámetros normales de uso

Llevando el caudal de succión a gpm se tiene $Q_{\text{succion}} = 13208$ gpm, por lo tanto de acuerdo a la Figura 26 la bomba a emplear sería una del tipo axial.

La potencia requerida para este tipo de bomba para los requerimientos de presión que se le exige sería calculada mediante la ecuación 5.

$$W = \frac{(P_{\text{out}} - P_{\text{in}}) \cdot Q}{1715 \cdot \eta} \quad (5)$$

Donde

P_{out} = Presión de descarga (psia)

P_{in} = Presión de succión (psia)

Q = Caudal (gpm)

η = Eficiencia (adm)

1715 = factor adimensional

W = potencia (HP)

Llevando las presiones a las unidades requeridas para el uso de la ecuación se tiene $P_{\text{succion}} = 1,42$ psia y $P_{\text{descarga}} = 69,62$ psia, sustituyendo en la ecuación (5) se tiene una potencia de $W = 750,342$ HP, que transformando a Watts corresponde a una potencia de $W = 559,52$ KWatts.

Aprovechando la ubicación del punto en el que sugerimos la captación de agua, por ser el punto mas bajo se sugiere que en lugar de emplear tuberías se empleen canales que

dirijan el agua de escorrentía hacia el sistema de captación de agua, esto disminuiría los costos de material y de materia prima, además de disminuir costes de mantenimiento que son mas frecuentes y costosos que si se usa canales de concreto, la idea es disminuir la cantidad de tuberías a emplear, desde las cuencas se podrían colocar este tipo de canales. Realizando una caminata por la universidad se pudo apreciar la existencia de los canales que sugerimos que se realicen, pero fue evidente también la falta de mantenimiento que poseen los mismos lo cual disminuye la eficiencia de la captación de agua en caso de usarse este método. En la Figura 23 se muestra una imagen que refleja el descuido de estas vías de corriente de agua. En la Figura 24 se muestra un canal con un bajo caudal de agua.



Figura 24. Canal de agua obstruido por falta de mantenimiento.



Figura 25. Canal de agua similar al propuesto para dirigir el agua de escorrentía

Sin embargo para el bombeo del agua desde el punto de captación hasta el embalse se requieren tuberías las cuales deben ser diseñadas en función del caudal a bombear y a la velocidad del flujo. Para una velocidad de unos 20 m/s, se calcula una tubería con un diámetro de 50 cm. Se propone el uso de tuberías de acero al carbono, por ser más económico.

- Acumulación de escombros proveniente de las cuencas

El agua proveniente de las montañas arrastra consigo diferentes obstáculos por ejemplo ramas, pequeñas piedras, hojas, animales pequeños, entre otros. Para evitar la acumulación de ellos en el tanque se propone que haya dos rejillas de diferentes tamaños en la entrada del tanque de modo que el afluente sea filtrado para eliminar todas las partículas, ramas, piedras u objetos grandes.

- Acumulación en el tanque

Debido a que hay periodos de sequía o de poca lluvia muy extensos, en algunos días o meses del año se mantendrá acumulada por mucho tiempo el agua dentro del tanque, lo que puede generar rápidamente microorganismos como bacterias, algas y animales pequeños. La presencia de estos puede generar un problema en el momento de accionar la bomba, ya que si alguno de estos sólidos es muy grande y entra en el equipo la puede dañar. Por ello se propone un filtro antes de la bomba que retire los mismos.

- Sistema de control del tanque

Se propuso anteriormente el sistema de control de nivel para el accionamiento de la bomba, el nivel es medidor y se transmite a un controlador el cual de acuerdo a los valores estimados enciende la bomba o la apaga.

Además como existe la posibilidad de que el caudal de entrada al tanque aumente, debido a lluvias torrenciales muy comunes en la zona, se propone un sistema de control simple y sin automatización en el cual si el tanque llega una altura determinada el agua sale por una tubería directo al desagüe. De esta forma se evita construir un tanque con tamaños gigantescos y el agua que sale del tanque no está contaminada y además ya esta filtrada.

Se propone un medidor de nivel de presión diferencial y un transmisor y controlador ON-OFF de la bomba de acuerdo al nivel registrado, el cual si falla tenga como resultado OFF (bomba apagada).

- Diagrama general del tanque

Se dimensionó un tanque de 300 m^3 cuyo caudal de entrada se estimo en $Q_{\text{escorrentia}} = 300 \text{ m}^3/\text{min}$, se definió que la forma apropiada es cilíndrica, el material de

concreto, debe poseer dos rejillas y un sistema de alivio en caso de que el caudal de escorrentía supere el caudal para el cual esta diseñado. La bomba apropiada se halló que es una bomba de flujo axial cuya potencia debe ser $W = 559,53$ KWatts.

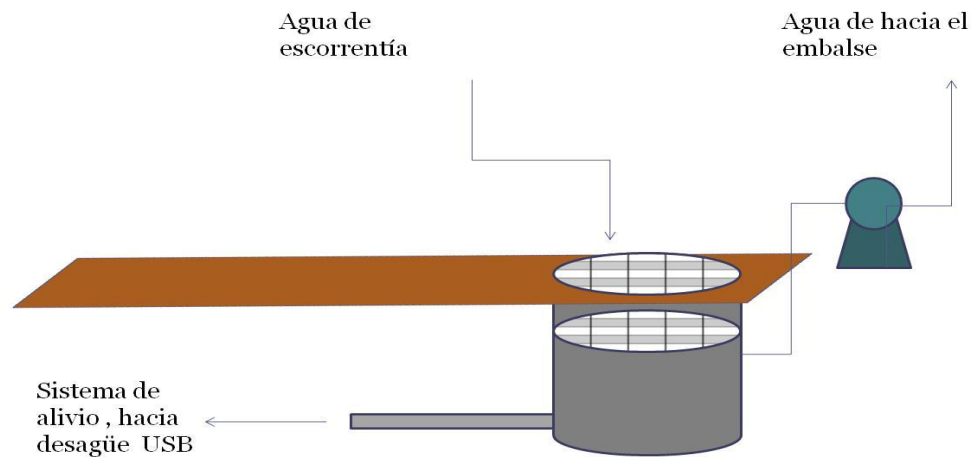


Figura 26. Sistema de Captación de aguas de escorrentía USB.

- Mantenimiento

Luego de construido el tanque se necesita de un operario el cual de acuerdo a cierto tiempo se encargue de la limpieza de los filtros, de limpieza del tanque y verificación del estado de los equipos.

Recomendaciones

En un cálculo más profundo se puede mejorar las dimensiones del tanque con relación a la potencia de la bomba y lograr disminuir los costos del proyecto.

ANEXOS

Anexo A: Identificación, descripción y altitud de los puntos GPS en la USB.

IDENT	COMMENT	ALTITUDE
139	caseta con tubería que pasan a ser subterranas canal grande + tubería subterranas de 1m de	1169.32
140	diám	1177.73
141	intersección con cauce natural de 1 m2 de área	1181.81
142	intersección con cauce natural de 1,5 m2 de área	1191.43
143	entrada de agua estacionamiento pabellon 5	1198.64
144	intersección con cauce natural de 1 m2 de área	1200.56
145	intersección con cauce natural de 1 m2 de área	1201.76
146	Fin del canal	1204.64
147	caudal considerable de agua	1209.45
148	caudal natural hecho por el agua	1210.89
149	división de caudal no muy visible	1217.14
150	continuación del caudal	1214.98
151	inicio del canal pavimentado	1213.54
152	entrada de agua 1m2 - salida del canal dividido	1215.22
153	doble tubería + alcantarilla	1214.98
154	canal subterranas - arquitectura - montaña canal natural 1m2 aprox casa del profesor	1214.74
155	(montañ	1222.91
156	brecha natural y tubería subterranas canal redondo subterranas que sale, descarga a	1225.55
157	la*	1226.99
158	tubería que descarga en canal pavimentado	1228.92
159	canal natural + tubería que baja subterranas	1229.88
160	tubería que sale en canal (donde están los tanqu	1236.37
161	canal natural de pendiente pronunciada (a partir *	1227.47
162	canal de pendiente fuerte natural (cae tan fuerte*	1223.87
163	empieza pared cauce natural	1222.43
164	termina pared caudal natural de agua, 2 tuberías canal que lleva a canal grande subterranas	1219.3
165	(DACE)	1214.74
166	entrada natural de agua	1215.94
167	tubería que baja de la montaña y entra subterran cruce de canales (DACE) y via detrás del amper	1213.54
168	+	1212.57
169	canal natural	1213.3
170	canal obstruido	1216.9
171	canal natural	1219.06
172	tubería subterranas que entra al canal 50 cm diá	1220.02
173	final de canal sin ver a donde lleva detrás de la	1223.63
174	alcantarilla con flujo abundante de agua (*)	1222.43

175	rejilla enorme 6m profundidad 2x2 m2 de área con	1225.31
176	cauce natural NO HAY canal	1224.59
177	cauce natural NO HAY canal	1225.79
178	cauce natural NO HAY canal	1226.03
179	mismo caudal (*)	1227.96
180	cauce natural	1227.96
181	cauce natural a mitad del camino de la construcci*	1234.92
182	canal GRANDE hecho por el agua canal GRANDE hecho por el agua hacia la	1231.8
183	montaña	1231.8
184	tubo canal grande	1230.6
185	caudal que va al tubo	1231.8
186	mini canal detrás de la piscina	1237.09
187	canal escalon grande que cae subteraneo	1237.09
188	canal jardines	1197.43
189	comienza canal estacionamiento básico 1	1212.57
190	tubería grande + canal (arriba de casita federaci	1211.13
191	termina canal estacionamiento	1212.09
192	fin del canal que pasa a ser subteraneo	1209.21
193	descarga USB diámetro tubería conectada 1,5 m	1197.19
194	alcantarilla frente a casas del placer (vienen de*	1195.75
195	idem 194	1198.15
196	cloaca (anuncios USB)	1197.19
197	caudal fuerte de agua	1198.64
198	se escucha MUCHO caudal de agua fluyendo	1199.84
199	fin de la canal entrada subterranea	1208.49
200	salida subterranea inicio de canal	1209.69
201	cauce natural	1210.41
202	fin de la canal	1209.69
203	canal escalera	1200.56
204	hueco	1219.78
205	inicio canal RECA	1240.93
206	cauce natural que origina canal natural	1238.05
207	descarga canal natural	1231.08
208	aulas abiertas	1232.28
209	inicio del canal pavimentado casa del empleado intersección del canal pavimentado casa del	1222.19
210	emple	1221.47
211	empieza canal frente a edif de aulas	1215.7
212	canal calle - aulas	1212.57
213	canal escalera aulas - vivero	1214.5
214	entra agua montaña al canal canal natural que remueve camino de piedras del	1217.38
215	p*	1220.27
216	canal natural detrás del parque	1221.23

217	canal natural que descarga en la cancha de futbol	1219.54
218	segunda canal natural que descarga en la cancha d*	1219.3
219	hueco producido por la infiltración de agua	1220.75
220	alcantarilla grande frente a la represa	1223.87
221	inicio del canal pavimentado	1234.92
222	bajada fuerte de agua	1234.2
223	bajada fuerte de agua	1234.92
224	bajada fuerte de agua	1235.17
225	bajada fuerte de agua	1238.77
226	bajada fuerte de agua	1241.17
227	fin del canal pavimentado	1241.65
228	caudal de agua que cae de la montaña, atraviesa e	1238.05
229	canal que reúne las aguas de la cancha de futbol series de canales que salen del campo de beisbol	1223.63
230	*	1214.02
231	Tanque	1198
232	Represa	1238

Anexo B: Meses de mayor pluviosidad y sus días de mayor pluviosidad-

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for DEC 2009

NAME: Sartenejas, USB CITY: Sartenejas STATE: Miranda
ELEV: 1250.0 m LAT: 10.4 N LONG: 66.9 W

TEMPERATURE (C), RAIN (mm), WIND SPEED (Gph)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
01	20.3	24.2	14:10	18.2	03:40	0.0	5.2	0.3	0.6	16.1	09:00	S
02	20.9	25.8	16:08	18.6	04:57	0.0	7.0	0.0	1.3	20.9	09:17	S
03	20.6	25.9	13:24	17.2	22:00	0.0	5.8	0.3	1.9	20.9	10:34	SSE
04	20.1	24.3	14:56	16.4	23:05	0.0	3.7	0.0	1.2	17.7	11:00	S
05	20.2	25.8	14:51	16.7	21:37	0.0	5.2	0.0	1.8	20.9	10:20	SSE
06	19.7	25.2	11:51	15.8	05:56	0.0	3.9	0.0	1.6	22.5	11:10	W
07	19.8	24.3	15:33	17.4	21:37	0.0	4.5	0.0	1.8	20.9	07:00	S
08	20.5	24.6	13:09	18.1	23:52	0.0	5.4	0.3	2.1	19.3	09:20	SSE
09	19.8	25.7	15:13	17.8	03:08	0.0	6.1	0.5	1.8	22.5	14:00	S
10	17.9	19.9	16:08	14.8	22:27	1.8	0.0	5.6	1.0	17.7	12:04	S
11	19.2	22.7	11:30	16.4	00:00	0.0	2.2	0.3	2.1	24.1	10:30	SSE
12	18.7	23.0	14:48	15.8	03:38	0.0	1.9	0.3	2.1	24.1	11:18	SSE
13	19.2	24.1	12:34	15.9	05:23	0.0	3.0	0.0	2.9	27.4	11:00	SSE
14	17.6	21.6	15:41	14.1	22:12	0.9	0.0	2.8	1.8	24.1	12:10	SSE
15	18.1	25.0	15:42	12.3	22:00	0.0	0.6	0.0	2.0	25.7	10:30	SE
16	18.1	25.3	14:42	12.6	00:23	0.0	1.0	0.0	1.4	20.9	11:41	W
17	18.4	25.6	14:04	11.7	06:11	0.0	0.5	0.0	1.2	17.7	12:00	WNW
18	19.4	26.8	15:22	14.0	05:50	0.0	3.8	0.0	1.2	20.9	14:30	W
19	20.8	26.7	14:08	16.1	00:46	0.0	5.5	0.0	1.2	22.5	11:30	WNW
20	21.5	28.4	15:23	16.2	06:06	0.0	7.1	0.0	1.4	24.1	14:10	WSW
21	21.1	27.2	14:47	17.1	05:39	0.0	6.8	0.5	1.3	20.9	12:23	S
22	20.7	27.3	15:49	17.1	23:22	0.0	6.9	0.0	1.3	25.7	14:00	SSE
23	20.7	26.9	15:48	15.8	05:30	0.0	5.5	0.0	1.4	24.1	16:06	W
24	22.1	27.7	14:19	18.8	06:01	0.0	8.9	0.0	1.0	19.3	10:40	S
25	21.7	28.6	14:34	17.6	06:18	0.0	8.5	40.6	1.4	20.9	10:30	W
26	21.4	28.2	15:24	16.5	06:25	0.0	7.3	0.3	1.1	24.1	13:26	W
27	20.2	26.7	14:42	15.5	22:33	0.0	5.0	0.0	1.3	22.5	13:00	WSW
28	19.6	24.9	14:38	15.4	03:17	0.0	3.3	0.0	1.3	22.5	12:40	SE
29	20.0	26.3	14:33	15.7	23:50	0.0	4.8	0.0	1.4	20.9	09:50	S
30	19.4	25.4	13:43	15.8	00:00	0.0	4.0	0.3	1.8	24.1	11:20	S
31	19.0	24.4	11:36	15.0	02:35	0.0	2.5	0.0	1.8	27.4	09:40	SSE

	19.9	28.6	25	11.7	17	2.7	135.9	51.8	1.5	27.4	13	S

Max >= 32.2: 0
Max <= 0.0: 0
Min <= 0.0: 0
Min <= -17.8: 0

Max Rain : 40.6 mm ON 12/25/2009
Days of Rain: 5 (< 0.254 mm) 3 (> 2.54 mm) 1 (> 25.4 mm)

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for JUN 2010

NAME: Sartenejas, USB CITY: Sartenejas STATE: Miranda
 ELEV: 1250.0 m LAT: 10.4 N LONG: 66.9 W

TEMPERATURE (C), RAIN (mm), WIND SPEED (kph)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
01	20.3	24.1	09:50	18.1	23:02	0.0	4.9	24.9	1.3	27.4	10:30	SSE
02	21.9	26.4	14:17	17.3	05:25	0.0	6.4	0.0	1.1	17.7	10:20	SE
03	22.3	27.4	15:31	18.1	03:39	0.0	8.0	0.0	1.4	20.9	08:50	S
04	21.6	26.8	14:12	18.8	04:48	0.0	8.0	2.5	1.1	17.7	14:50	S
05	22.3	27.6	14:45	18.6	04:46	0.0	8.5	0.0	1.3	19.3	15:20	S
06	19.7	23.6	16:05	16.8	23:59	0.0	3.3	13.7	0.7	27.4	10:50	WSW
07	21.4	26.4	12:21	16.0	04:50	0.0	5.2	0.0	1.2	19.3	11:20	WSW
08	22.3	27.9	14:36	18.8	04:30	0.0	9.1	0.0	1.1	16.1	08:40	S
09	21.8	27.1	13:35	18.4	04:21	0.0	7.9	1.0	1.3	16.1	01:50	SSE
10	20.8	24.9	12:05	18.2	22:14	0.0	5.9	9.4	0.8	19.3	10:40	W
11	20.5	25.5	15:10	17.6	04:09	0.0	5.8	6.9	1.0	16.1	11:10	SSE
12	20.4	24.4	16:12	18.8	03:58	0.0	5.9	2.5	0.9	14.5	08:01	S
13	19.5	22.8	10:16	17.9	22:34	0.0	3.7	10.9	0.3	11.3	10:22	S
14	20.4	24.7	16:18	18.2	03:10	0.0	5.7	3.3	0.7	17.7	18:40	S
15	20.3	23.4	12:02	17.5	23:49	0.0	3.8	0.0	0.7	17.7	13:10	SSW
16	21.2	26.6	14:01	16.7	01:43	0.0	6.0	28.7	1.1	17.7	13:00	S
17	21.4	26.3	15:36	18.8	02:19	0.0	7.6	1.3	1.0	19.3	23:00	S
18	22.4	28.1	16:05	18.4	05:47	0.0	8.8	0.0	0.8	14.5	09:10	S
19	21.9	27.9	14:18	18.0	05:52	0.0	8.4	3.0	1.0	17.7	11:35	W
20	20.1	24.3	15:14	18.3	21:45	0.0	5.4	48.3	0.7	24.1	16:20	N
21	20.5	25.3	15:16	17.3	05:38	0.0	5.3	0.5	0.5	11.3	18:00	SSE
22	21.3	24.8	15:49	19.1	04:31	0.0	6.5	22.4	1.0	20.9	23:10	S
23	21.0	26.6	11:44	18.0	04:12	0.0	7.2	20.3	0.8	17.7	11:40	SW
24	21.1	25.5	12:35	17.8	04:08	0.0	6.0	0.3	0.9	20.9	12:40	SSE
25	22.2	26.8	15:27	18.2	04:57	0.0	7.4	0.0	1.2	20.9	12:00	S
26	21.2	26.0	13:19	17.8	23:49	0.0	6.5	2.3	1.4	25.7	13:44	SE
27	22.2	26.9	13:18	17.3	02:09	0.0	6.8	0.0	1.2	19.3	13:20	W
28	22.0	26.8	14:42	18.6	23:51	0.0	7.9	0.0	1.0	17.7	10:50	SSE
29	22.2	27.5	14:41	18.1	04:01	0.0	8.0	0.3	1.1	17.7	12:10	S
30	21.7	25.3	15:26	18.4	04:40	0.0	6.3	0.0	1.1	17.7	13:20	SSE

	21.3	28.1	18	16.0	7	0.0	196.0	202.4	1.0	27.4	1	S

Max >= 32.2: 0
 Max <= 0.0: 0
 Min <= 0.0: 0
 Min <= -17.8: 0

Max Rain : 48.3 mm ON 06/20/2010

Days of Rain: 17 (> 0.254 mm) 13 (> 2.54 mm) 2 (> 25.4 mm)

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for APR 2010

NAME: Sartenejas, USB CITY: Sartenejas STATE: Miranda
 ELEV: 1250.0 m LAT: 10.4 N LONG: 66.9 W

TEMPERATURE (C), RAIN (mm), WIND SPEED (kph)

DAY	MEAN TEMP	HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS	RAIN	AVG WIND SPEED	HIGH	TIME	DOM DIR
01	21.5	28.4	14:14	16.7	03:07	0.0	7.6	0.0	1.2	22.5	12:20	SSW
02	21.6	28.1	14:44	17.2	05:54	0.0	7.7	0.0	1.4	20.9	11:20	W
03	22.3	29.4	14:30	15.2	05:40	0.0	7.2	0.0	1.3	22.5	12:50	S
04	21.6	28.1	14:23	16.9	03:12	0.0	7.5	0.0	1.6	30.6	13:56	S
05	19.5	22.0	10:47	18.0	20:49	0.0	3.0	5.1	0.5	14.5	11:40	S
06	18.7	20.2	11:09	17.7	21:50	0.0	1.1	11.7	0.2	14.5	21:00	SW
07	19.0	20.6	13:38	17.9	00:00	0.0	1.7	3.8	0.3	14.5	10:40	SSW
08	20.6	25.7	14:36	18.1	00:00	0.0	6.4	0.3	1.3	20.9	14:20	S
09	20.7	23.3	14:48	19.2	05:34	0.0	5.2	0.0	0.8	19.3	07:40	S
10	21.0	26.2	14:50	17.8	23:40	0.0	6.6	0.0	0.7	16.1	15:00	S
11	21.2	27.5	14:03	17.0	04:04	0.0	7.0	0.0	1.2	19.3	10:50	SSE
12	22.2	30.0	14:12	18.0	06:27	0.0	10.2	19.3	1.4	25.7	16:40	S
13	21.6	27.5	13:46	17.4	04:25	0.0	7.5	0.3	1.0	17.7	04:30	S
14	20.7	26.9	11:41	18.6	05:25	0.0	7.9	22.6	0.7	24.1	12:10	WSW
15	20.6	26.8	12:14	18.3	03:56	0.0	7.7	36.8	0.6	16.1	13:04	W
16	20.1	24.7	15:32	18.2	23:58	0.0	5.6	1.3	0.5	14.5	13:10	SSW
17	21.5	27.8	14:34	17.2	06:22	0.0	7.5	1.3	1.2	19.3	12:20	W
18	20.8	25.5	14:04	19.6	21:43	0.0	7.5	4.3	0.5	14.5	11:20	SSW
19	22.9	28.2	15:10	19.9	00:00	0.0	10.2	0.8	1.3	22.5	15:20	SSW
20	23.9	30.2	14:47	18.8	05:33	0.0	11.1	0.3	1.8	22.5	17:10	NW
21	23.4	28.4	12:55	19.6	23:58	0.0	10.1	0.0	1.2	20.9	15:00	ENE
22	23.1	28.8	15:42	19.1	03:03	0.0	10.2	0.0	1.1	20.9	16:00	WSW
23	23.5	29.4	14:53	19.3	05:27	0.0	10.8	0.0	1.1	20.9	12:48	S
24	23.1	29.1	14:44	18.7	05:41	0.0	10.0	0.0	1.2	25.7	11:42	WSW
25	22.7	28.2	14:29	20.0	23:59	0.0	10.3	0.0	1.0	20.9	15:20	S
26	22.5	28.1	14:02	18.3	05:32	0.0	8.7	0.0	1.1	17.7	08:20	SSW
27	22.5	28.3	12:22	19.5	00:10	0.0	10.0	4.8	1.1	17.7	12:30	S
28	22.9	28.2	14:18	19.4	06:06	0.0	9.8	0.0	1.2	17.7	08:30	S
29	22.6	28.7	14:24	17.7	23:48	0.0	8.8	0.0	1.1	19.3	11:01	S
30	21.9	28.2	14:05	17.0	23:11	0.0	7.7	0.0	1.4	19.3	10:20	S

	21.7	30.2	20	15.2	3	0.0	232.8	112.5	1.0	30.6	4	SSW

Max >= 32.2: 0
 Max <= 0.0: 0
 Min <= 0.0: 0
 Min <= -17.8: 0

Max Rain : 36.8 mm ON 04/15/2010

Days of Rain: 11 (> 0.254 mm) 8 (> 2.54 mm) 1 (> 25.4 mm)

Anexo C. Distribución de la pluviosidad el 25 de Diciembre de 2009.

--Timestamp--	Temp	Chill	HIndex	Humid	Dewpt	Wind	HiWind	WindDir	Rain	Baron	Solar	ET	UV
20091225 15:40	26.4	26.4	27.5	62	18.5	3	19	292	0.0	1015.4	165	0.000	0.9
20091225 15:50	25.0	25.0	26.0	67	18.4	6	16	292	0.0	1015.2	119	0.000	0.6
20091225 16:00	24.4	24.4	25.4	69	18.4	11	21	292	0.0	1015.3	104	0.152	0.1
20091225 16:10	23.9	23.9	24.7	74	19.0	10	21	292	0.3	1015.6	40	0.000	0.0
20091225 16:20	22.3	22.3	22.3	83	19.3	6	19	90	4.3	1016.1	11	0.000	0.0
20091225 16:30	20.3	20.3	20.3	88	18.2	10	21	45	11.7	1016.3	6	0.000	0.0
20091225 16:40	19.6	19.6	19.6	90	17.9	6	19	45	12.7	1016.3	11	0.000	0.0
20091225 16:50	19.6	19.6	19.6	91	18.0	3	14	45	9.1	1016.2	15	0.000	0.0
20091225 17:00	19.6	19.6	19.6	93	18.4	2	8	292	1.5	1016.4	25	0.025	0.0
20091225 17:10	19.6	19.6	19.6	94	18.6	0	5	0	1.0	1016.5	19	0.000	0.0
20091225 17:20	19.7	19.7	19.7	95	18.9	0	3	315	0.0	1016.5	14	0.000	0.0

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

⁽¹⁾INTERNATIONAL CENTER FOR AQUACULTURE AND AQUATIC ENVIRONMENTS AUBURN UNIVERSITY. Introducción a la Captación de agua

⁽²⁾Especificaciones técnicas, Captación de agua de lluvia para consumo humano Organización Panamericana de la Salud. Centro Panamericano d Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, 2003

⁽³⁾Guía de diseño para la captación de agua de lluvia. Organización Panamericana de la Salud. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, 2004

⁽⁴⁾<http://www.usb.ve>. Visitada el 2 de junio de 2010.

⁽⁵⁾<http://cbm.usb.ve/clima/informacion.html#estacion>. Visitada el 10 de junio de 2010

⁽⁶⁾http://es.wikipedia.org/wiki/Tanque_de_agua. Visitada 17 de junio de 2010

⁽⁷⁾<http://micigc.uniandes.edu.co/Construccion/hidsave/hidraul.htm>. visitada el 17 de junio de 2010.

⁽⁸⁾<http://es.wikipedia.org/wiki/Tuber%C3%ADa>. Visitada el 17 de junio de 2010

⁽⁹⁾<http://www.hidritec.com/tec-bombas.htm>. Visitada el 17 de junio de 2010

⁽¹⁰⁾<http://www.venaventours.com/GPS1.asp>. Visitada el 10 de julio de 2010