



# *Trabajo de Diploma*

*En opción al título de Ingeniero Hidráulico*



*Título: Reevaluación y Diseño de las redes pluviométricas en el municipio Guamá.*

*Autor: Inaeldis Merencio Ramírez*

*Tutora: Ing. Guadalupe Bermúdez Diéguez.*

*“Santiago de Cuba, junio 2019”*

# Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

*Pensamiento*

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

Cerca de 2 mil millones de personas habitarán dentro de 18 años en países y regiones donde el agua será un recuerdo lejano. Dos tercios de la población mundial podrían vivir en lugares donde la escasez produzca tensiones sociales y económicas de tal magnitud que podrían llevar los pueblos a guerras por el preciado



Fidel Castro Ruz.

# Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

*Dedicatoria*

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

Esta tesis está dedicada especialmente a mi querido abuelo que en paz descanse. A mis queridos padres, a mí abuela, a mis hermanos, y a toda mi familia que han dado todo de sí para que yo pudiera terminar esta carrera. A todos mis amigos que han sabido estar en las penas y las alegrías.

*Agradecimientos*

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

Les agradezco la realización de esta tesis a toda mi familia especialmente a mis padres.

A mis amigos, especialmente a Susana, Yoel, Pedro, Axel, Ariel, Willy, Dayalis, Eva, Maivisleivy, Anita y al Ing. Edier Losada, a todos los profesores del departamento que me ayudaron en la formación como profesional.

A mi tutora que puso todo el empeño y todo su corazón en función de los resultados de esta tesis.

# Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

## *Resumen*

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

El presente trabajo de diploma lleva consigo un reordenamiento de la red pluviométrica en el municipio Guamá, toda vez que la actual no responde a las necesidades para lo que fue concebida.

Para poder determinar el comportamiento de la lluvia, se hace imprescindible disponer de una red pluviométrica científicamente diseñada que permita caracterizar el fenómeno muestreado con una precisión establecida, de acuerdo a las características hidrológicas del lugar, con el fin de minimizar las problemáticas antes expresadas ya que el estudio de las características espaciales y temporales de la precipitación en Cuba, constituye una de las bases fundamentales para la utilización racional del potencial hídrico.

Por lo que se impone un rediseño que cumpla con las normas establecidas para las investigaciones, las construcciones civiles, la gestión de los Recursos Hídricos y que a la vez sea sustentable.

# Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

*Abstract*

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

### **Abstract**

The present work of diploma carries with it a rearrangement of the pluviometric network in the municipality of Guamá, since the current one does not respond to the needs for which it was conceived.

In order to determine the behavior of the rain, it is essential to have a scientifically designed pluviometric network that allows to characterize the sampled phenomenon with an established precision, according to the hydrological characteristics of the place, in order to minimize the problems previously expressed since The study of the spatial and temporal characteristics of precipitation in Cuba constitutes one of the fundamental bases for the rational use of water potential.

That is why a redesign that complies with the norms established for research, civil constructions, water resources management and that is at the same time sustainable.

# Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

## *Índice*

# Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

Índice	Paginas
INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Historia de la pluviometría en Cuba.....	5
1.2 Historia de la pluviometría en la provincia Santiago de Cuba municipio Guamá. ....	12
1.3 Red pluviométrica antes del año 1995.....	12
CAPITULO 2 EQUIPOS DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE LLUVIA. ....	19
2.1 El pluviómetro .....	19
2.2 Etimología de Pluviómetro.....	20
2.3 Orígenes .....	22
2.4 Importancia del pluviómetro .....	23
2.4. Características del Pluviómetro .....	23
2.5 Pluviómetro y sus partes.....	25
2.5.1 Tipos de pluviómetros.....	26
<b>Pluviómetros digitalizadores</b> .....	27
<b>Totalizadores</b> .....	28
2.5.2 Medidas del pluviómetro .....	29
2.5.3 Instalación y Cuidado del Pluviómetro.....	30
CAPITULO 3 REDISEÑO Y RESULTADOS DE LA RED PLUVIOMÉTRICA EN EL MUNICIPIO GUAMÁ. ...	32
3.1 Ubicación y características del municipio Guamá.....	32
3.2 Costas .....	33
3.3 Clima, Vegetación y Fauna .....	33
3.4 Precipitaciones .....	34
3.4.1 Diseño de la red pluviométrica actual en 2008 con 140 equipos. ....	34
3.4.2 Propuesta de rediseño de la red pluviométrica en el municipio Guamá.....	37
CONCLUSIONES .....	44
RECOMENDACIONES .....	45
Bibliografía .....	46
Anexo 1(Fuente). Diseño de la red pluviométrica antes del año 1995 .....	53

# **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

# *Introducción*

## INTRODUCCIÓN

El comportamiento de las variables hidrológicas expresa una variabilidad que históricamente ha afectado al hombre. El rápido crecimiento de la población y de sus múltiples necesidades ha impulsado acciones tendientes a evaluar, aprovechar y proteger el recurso hídrico, sin embargo, su manejo óptimo, ha de basarse en el conocimiento de sus disponibilidades reales en tiempo y espacio.

La importancia de medir la lluvia de un lugar determinado se ha requerido por muchos años para prever cultivos y que estos sean productivos entre otras funcionalidades. Actualmente se utiliza para determinar factores de riesgo ya que es elemental reconocer los fenómenos naturales como lo son avenidas, avalanchas y torrentes que se puedan presentar, para poder actuar oportunamente y mitigar sus efectos en la zona de riesgo.

El diseño de una red pluviométrica consiste en la determinación del número y ubicación de estaciones de medición sobre una región con la finalidad de obtener un registro histórico de datos que puedan caracterizar el fenómeno de precipitación en el espacio y en el tiempo. Es por ello que en el diseño se debe incorporar fundamentalmente dos consideraciones: la primera, el conocimiento de la naturaleza física y estocástica de los procesos meteorológicos y la segunda, el uso que se le dará a los datos. Además, según la División de Recursos Hídricos del U.S. Geological Survey, citado por Rojas (1994), en la red de observación se debe lograr la integración de la eficiencia en la recolección de los datos y la efectividad de la información. A partir de una red mínima de observación, en la cual se llega a tener una estimación regional, es preciso obtener un Diseño Óptimo, cuyo objetivo principal será apoyar la planificación, desarrollo y evaluación de proyecto que permitan un mejor manejo y control del recurso agua en el lugar de estudio.

En las condiciones de Cuba, ante la escasez de información sobre el escurrimiento fluvial, las precipitaciones adquieren un papel primordial en el proceso de conocimiento hidrológico. A ellas se dedica esta investigación.

La desigual distribución de la radiación solar en el planeta trae como consecuencia la circulación atmosférica global, cuya interrelación con elementos regionales como

la ubicación geográfica y el relieve condicionan o determinan los patrones de temperatura, vientos, precipitación y tormentas. A este conjunto de elementos, a su comportamiento medio, se le conoce como clima de un territorio. En Cuba la precipitación, y no los restantes parámetros, es la que realmente limita el desarrollo de los cultivos y la formación de los recursos hídricos. La existencia de múltiples investigaciones sobre las precipitaciones en el país responde al hecho de que la economía es inmanejable sin el conocimiento real del régimen pluvial. Sin embargo, además de las variaciones naturales, deben comprenderse las originadas por la intromisión antrópica, como vía más segura para prepararse para el futuro.

Conocer las características del campo pluviométrico, a todo lo ancho y largo de la geografía cubana es una necesidad de primer orden.

Los análisis efectuados con las observaciones pluviométricas del país y las interpretaciones de los estudios realizados en otros momentos en Cuba, amén de los resultados obtenidos en la investigación, constituyen un aporte a la necesidad de readecuar la política de manejo de los recursos hídricos en el contexto de las últimas investigaciones a nivel nacional, regional y global que corroboran la intensidad de los cambios en los regímenes hidrológicos.

En Cuba tradicionalmente surgen como redes especiales de marcada tendencia social y con un único propósito. En el caso de nuestra red pluviométrica su argumento obedeció a necesidades agrícolas, en correspondencia con el desarrollo que se iba operando en la explotación extensiva de las áreas cañeras.

Por todo lo antes expuesto este diseño asumirá estos criterios para conformar un nuevo diseño donde todos los pluviómetros pertenezcan a una única red pluviométrica.

Los análisis realizados por parte de los especialistas, a partir del seguimiento del funcionamiento de la red durante un prolongado período de tiempo, indican que existe una serie de dificultades que afectan su correcto funcionamiento, entre las que se pueden citar:

1. Su representatividad se encuentra limitada fundamentalmente por la escasa representatividad en zonas montañosas de difícil acceso que no cuentan con

medios de comunicación, pero que además se impone la emigración hacia las ciudades.

2. En ocasiones se pierde el dato, debido a la evacuación del personal por el deficiente estado de las instalaciones o la posible ocurrencia de inundaciones en la zona.

La disponibilidad de datos pluviométricos, de buena calidad y confiabilidad da la veracidad a los estudios hidrológicos, que constituyen la base del planeamiento de los recursos hídricos y los procesos productivos.

De la recopilación y análisis de la información hidrológica se nutren los estudios de sistemas hidrográficos, el diseño de obras de ingeniería, de sistemas de riego, la planificación y gestión de los recursos hídricos.

A partir de la existencia de las dificultades enumeradas anteriormente, se propone un reordenamiento de la red que implica rediseñar la misma con el fin de minimizar las problemáticas antes expresadas ya que el estudio de las características espaciales y temporales de la precipitación en Cuba, constituye una de las bases fundamentales para la utilización racional del potencial hídrico. Para poder determinar el comportamiento de la lluvia, se hace imprescindible disponer de esta red pluviométrica científicamente diseñada que permita caracterizar el fenómeno muestreado con una precisión establecida, de acuerdo a las características hidrológicas del país.

A partir de la existencia de las dificultades enumeradas anteriormente, se propone un reordenamiento de la red que implica rediseñar la misma con el fin de minimizar las problemáticas antes expresadas ya que el estudio de las características espaciales y temporales de la precipitación en Cuba, constituye una de las bases fundamentales para la utilización racional del potencial hídrico. Para poder determinar el comportamiento de la lluvia, se hace imprescindible disponer de esta red pluviométrica científicamente diseñada que permita caracterizar el fenómeno muestreado con una precisión establecida, de acuerdo a las características hidrológicas del país.

### **Diseño de la Investigación**

**Situación Problemática:** Carencia de equipos pluviométricos en las zonas premontañosas y montañosas.

**Campo de acción:** Precipitaciones.

**Problema de investigación:** Inexistencia de datos de observación de la lluvia generalmente en la zona poco montañosa y montañosa.

**Objetivos Específico:** Realizar un diseño acorde a las necesidades que impone el macizo.

**Objetivo general:** Rediseño de la red pluviométrica en el municipio Guamá que responda a la caracterización de las precipitaciones.

**Hipótesis de la investigación:** Si se realiza un diseño óptimo, entonces se podrían hacer estudios de las características espaciales y temporales de las precipitaciones en el municipio, constituyendo una de las fases fundamentales para la utilización racional del potencial hídrico.

#### **Tareas fundamentales**

- 1: Búsqueda y revisión bibliográfica en cuanto al tema de investigación.
- 2: Recopilación, depuración y análisis de los materiales básico.
- 3: Rediseño de una red óptima.
- 4: Elaboración del informe de la investigación.
- 5: Entrega del informe a las entidades correspondientes

*Capítulo 1*

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

### **1 CAPTIULO 1 ESTADO DEL ARTE**

En este capítulo se hace una revisión bibliográfica referente a los aspectos teóricos conceptuales de la temática de estudio, se describen los antecedentes de la misma y los principales conceptos y definiciones elaborados por diferentes autores de cómo surgieron las redes pluviométricas en Cuba y obviamente cada provincia tenía su propia red toda vez que los diseños se hacían nacionalmente.

#### **1.1 Historia de la pluviometría en Cuba.**

La precipitación en Cuba ha sido centro de atención de múltiples investigaciones. La primera prueba de este tipo de la que se tiene noticias ocurrió en la segunda mitad del siglo XIX y se motivó por la necesidad de resolver el abasto de agua a la ciudad de La Habana. Como parte de la inspección de las obras del Acueducto de Albear, el 31 de mayo de 1863 una Comisión nombrada por el Gobierno de Madrid concluyó sobre el origen pluvial de los manantiales de Vento; para lo cual se basó en dos elementos fundamentales: la medición de los niveles de lluvia en la cuenca tributaria y las características geológicas del territorio.

Tras el triunfo revolucionario de 1959, apenas cuatro meses después, se emprendió dentro del Departamento de Hidrología Agrícola y Superficial de la Comisión de Fomento Nacional del Ministerio de Obras Públicas una tarea de alcance inestimable hasta el presente: la recopilación de la información pluviométrica dispersa en instalaciones pertenecientes a organismos, sociedades e individuos. Ello constituyó el primer paso concreto para la constitución de un centro dedicado a la organización del estudio integral y sistemático de la Hidrología, que se constituiría en embrión del SHN. Aunque ya el país reconocía un equipamiento y unas mediciones estándares, fue entonces que se inició el trabajo metódico, sobre bases científicas, de las redes de observación hidrológica.

Es a partir del año 1962, con la creación del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), que se comienzan a sistematizar con un verdadero programa científico orientado al desarrollo sostenible del recurso agua, considerando las observaciones hidrológicas como indispensables en tal empeño, y donde las pluviométricas ocuparon un espacio privilegiado a causa de la relativa sencillez de instalación y procesamiento. Todo el trabajo previo realizado entre 1959 y 1962 fue

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

realizado ahora con las normativas de un Servicio Hidrológico Nacional (SHN) que respondía a intereses concebidos por una institución creada a los efectos de los planes revolucionarios. Un recorrido por los estudios de generalización pluvial, realizados incluso antes de la existencia del INRH, ayuda a comprender la evolución de dichas investigaciones y a marcar la pauta de cualquier nuevo estudio.

El primer estudio a nivel de país fue realizado por Oliver L. Básig, quien en 1925 estudio las características de las lluvias y las temperaturas en Cuba. De este trabajo se tiene conocimiento por las referencias que se hacen del mismo en estudios que se citan más abajo. También por esa fecha, en 1926, los reconocidos edafólogos Bennett H. H. y Allison R. V. dieron a conocer los resultados de extensas investigaciones realizadas sobre los suelos de Cuba y sobre el clima, eventualmente. Una característica común en esta etapa es el análisis de resultados a partir de series temporalmente no concurrentes.

El primer resultado de estudio pluvial que pudo localizarse fue el concluido por Edwin Fosca, en 1928, en el que destaca la agudeza y el conocimiento de los factores climáticos, en especial de la lluvia, pues en base a las mediciones de sólo 19 estaciones, en el mapa se notan ya los patrones básicos hoy conocidos de este elemento en Cuba. Al analizar los mapas por meses puede concluirse que la principal limitante en la mejor interpretación de las observaciones no fue la extensión de los registros (entre 14 y 25 años, con cierre en 1923) si no la distribución espacial de las estaciones, ya que sólo cuatro se ubicaban en el Oriente de Cuba. (Ver Figura1).

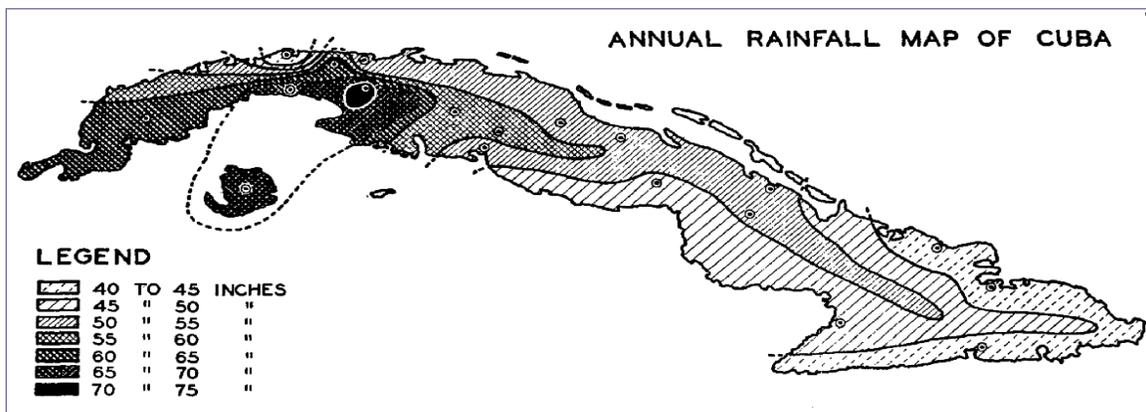


Figura 1. Mapa de la lluvia media anual (pulgadas) de Cuba. Fosca E. J., 1928.

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

Otro estudio estuvo a cargo de Thomas Chamberlain, quien publicó en 1940 un material similar al de Fosca, pero con información de 171 estaciones, con registros entre 4 y 67 años. El uso dado a la información recopilada se refleja en la Figura 2, donde son identificables los patrones de distribución de la lluvia en los territorios del Centro y Oriente, emergiendo los rasgos de continentalidad de las mismas (valles de los cursos medios de los ríos Zaza, Alabama y Cauto), que los distinguen de la relativa homogeneidad del Occidente del país. Se destaca sobre todo la singularidad del Nordeste del Oriente de Cuba y su enorme contraste con las muy escasas precipitaciones reportadas por la densa red de pluviómetros con que contaba el Valle de Guantánamo.

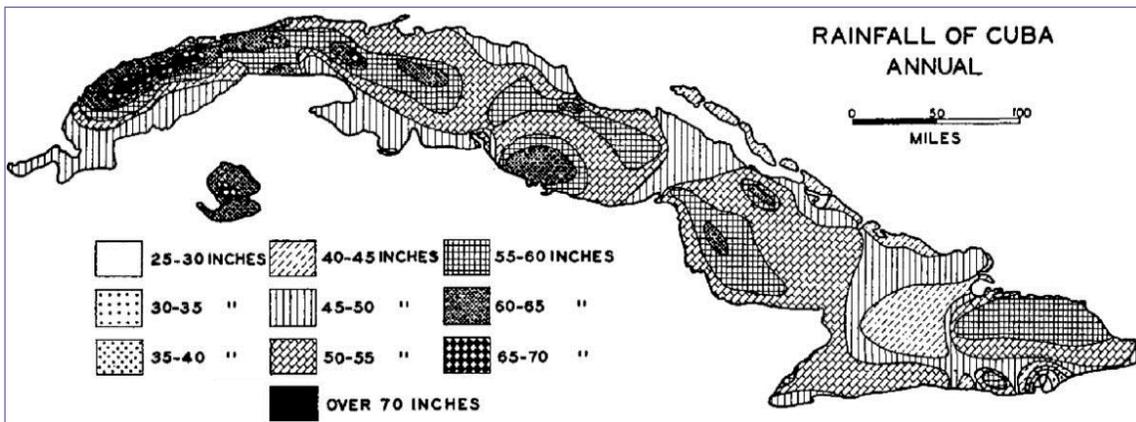


Figura 2. Mapa de la lluvia media anual (pulgadas) de Cuba. Chamberlain T.W., 1940.

En 1954 el mejicano A. Uribe Alba, a solicitud del Banco de Fomento Agrícola e Industrial de Cuba, estudió 19 cuencas con vistas a reconocer sus posibilidades de aprovechamiento en múltiples fines. Para ello en primera instancia utilizó la información pluviométrica recopilada hasta 1952, excluyendo a la Isla de la Juventud. Aun reconociendo la elevada pluviosidad del Norte de la Ciénaga de Zapata, como en los mapas que le precedieron, por primera vez se logró distinguir a los territorios de Baracoa y de la Sierra Maestra, en ese orden, como los de los mayores acumulados anuales de lluvia. Probablemente tales conclusiones se debieron a las investigaciones de campo, al encontrarse las cuencas de los ríos Toa y Cauto entre los principales intereses del trabajo, ya que entonces no se contaba con mediciones en las montañas del Oriente de Cuba. Ver Figura 3. Casi de forma paralela a los trabajos de Uribe, en los EEUU se estudiaba el régimen pluviométrico de la región Central de Cuba (Powell W. E., 1953), específicamente del grupo

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

montañoso del Guam haya, pues ya era cuestión decidida la utilización hidroenergética del río Habanilla.

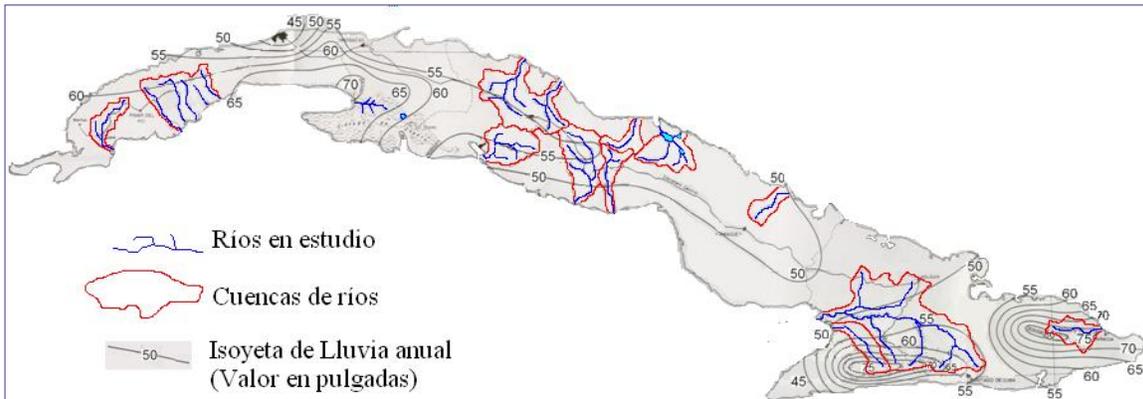


Figura 3. Mapa de la lluvia media anual de Cuba (pulgadas). A. Uribe Alba, 1954.

A partir de 1962, con la creación del INRH y como fruto de las nuevas relaciones de Cuba con los países de la Europa Socialista del siglo XX, aparecieron las primeras investigaciones en el campo de las precipitaciones anuales con un marcado enfoque científico, reconociendo esta vez el carácter cíclico de las lluvias anuales. Se realizaron trabajos de gran envergadura en su mayor parte por especialistas soviéticos, entre los que se destacó especialmente Iván Ivánovich Trusó, quien dirigió cada una de las tres versiones del Mapa Isométrico de Cuba. Y, Sin embargo, es necesario destacar la labor que Alejandro Izquierdo realizó como contraparte técnica del gran climatólogo ruso: participó como coordinador desde la primera investigación ya desde la segunda versión compartió responsabilidades o centró muchas de las tareas proyectadas.

En la Figura 4 se muestra la primera salida o versión, la del año 1965, en la que se utilizaron 573 pluviómetros llevados a un período común de cálculo: 1931-1960. Con igual año de cierre, la segunda versión del Mapa estuvo lista en 1967 logrando asegurar, con más de 300 nuevas estaciones, un mayor acercamiento al conocimiento de las montañas del Oriente del país, fundamentalmente. En el intermedio entre ambas versiones de Trusó, se hizo el primer estudio sobre la dilucidación y la sincronización (coincidencia entre fechas de inversión de los ciclos) de las precipitaciones con el escurrimiento en los ríos de Cuba (Nissan et al, 1968).

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

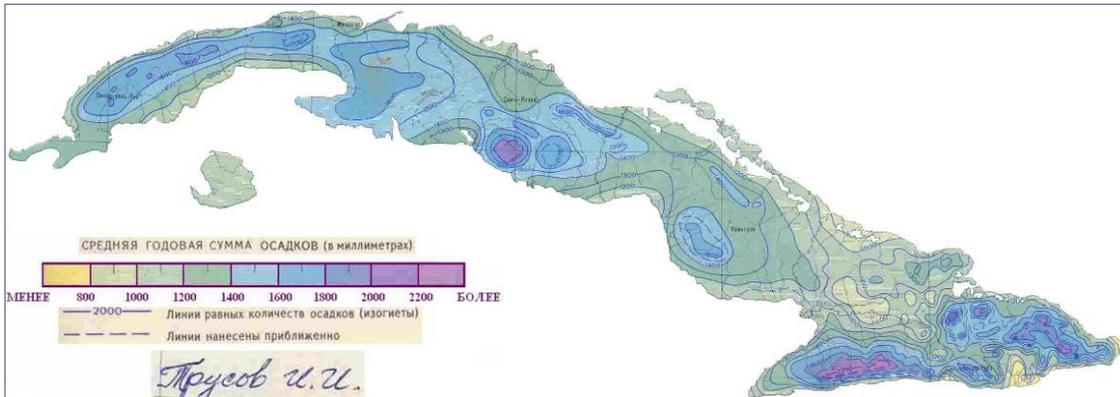


Figura 4. Mapa Isométrico (milímetros) de Trusó I. I. Primera Versión, 1965.

La versión tercera y definitiva salió a la luz en 1975, abarcando el período 1931-1972, tras abundar en las investigaciones de Trusó. Para ello emplearon más de 1300 equipos, haciendo un énfasis especial en las zonas montañosas (Guagua Guiri et al, 1976). En la Figura 5 se ve el Mapa de los 42 años, como es también conocido, el que ha encontrado el mayor uso entre los realizados en Cuba, permaneciendo vigente hasta el presente, aunque las condiciones pluviales de las últimas décadas son cada vez menos parecidas a las reflejadas en ese material histórico.

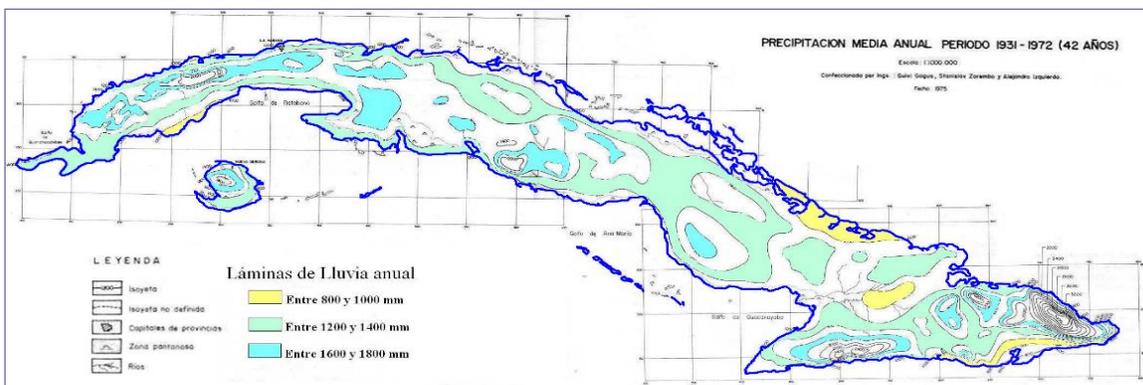


Figura 5. Mapa de Guagua, Carimbo e Izquierdo, 1975. Tercera versión de Trusó (milímetros).

En 1980 se finalizó la investigación más completa, la de mayor implicación científica desde el punto de vista hidrológico (Trusó I. et al, 1983); donde se obtuvieron, aún de forma bastante general, las relaciones de gradientes pluviométricos en los macizos montañosos más importantes del país y se analizó la dilucididad de las lluvias con un enfoque regional lo que permitió distinguir los rasgos esenciales distintivos de los diversos territorios del país.

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

Otros trabajos sobre las precipitaciones siguieron apareciendo (Fernández et al, 1975 y 1978; Díaz L. et al, 1978; González et al, 1987; Rodríguez, 1996), los que posibilitaron profundizar en el conocimiento del campo pluviométrico del archipiélago cubano. Especialmente Jorge Huerta y Nila Fernández contribuyeron con las funciones regionales de correlación que permitieron avanzar en diseños más adecuados de las redes hidrológicas al considerar las características tropicales del país.

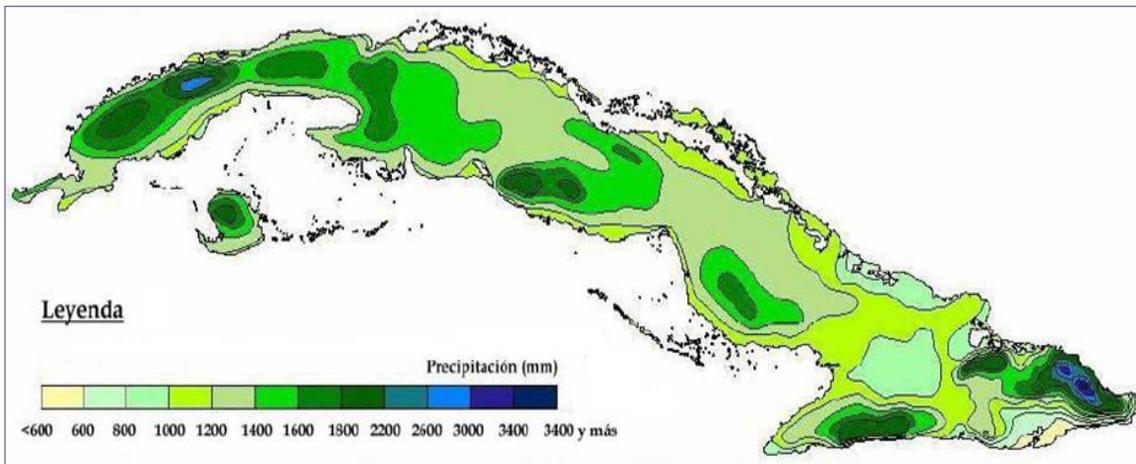


Figura 6. Mapa de la lluvia media hiperanual (milímetros) del período 1964-1983. Izquierdo, 1989

Finalmente, por primera vez una investigación pluviométrica fue concebida y realizada sólo por especialistas nacionales, abarcando la totalidad del país. El Mapa Isométrico de Cuba para el período comprendido entre 1964 y 1983 (Izquierdo A., Nuevo Atlas Nacional de Cuba, 1989), constituye un hito de los investigadores cubanos. Entre sus resultados se hace notar la mayor extensión que ocupan las áreas de lluvias inferiores a los 1200 mm, especialmente, respecto a los valores de lluvia anual que se obtienen en el Mapa Isométrico de la Tercera Versión. El autor dejó en forma de recomendaciones una serie de pasos que han constituido hasta el momento la metodología de base de los mapas Isoyético en Cuba, y la que fue punto de partida de la empleada en la presente investigación.

Un notable resultado fue obtenido por Nadir Fernández y Olga Maximiza, cuando procesaron una gran cantidad de información y definieron ciclos de acuosidad distintivos para el territorio de las cinco provincias orientales. Aunque el grueso de las líneas solletas resultantes de la investigación repite la distribución espacial

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

general observada en el Mapa de la Tercera Versión, resulta notable el decremento de los totales de lluvia en las zonas llanas y pre montañosas. En una segunda aproximación, estos autores también obtuvieron interesantes patrones de distribución espacial de la variabilidad temporal de las lluvias anuales (Fernández et al, 1990 y 1995), bastante similares a los que finalmente arroja la presente investigación.

En 1988 Braulio La Pinel, en tesis de doctorado en meteorología, realizó un nuevo mapa nacional para el período 1971-1980. A pesar de lo limitado del período de trabajo, en él se revelaron importantes características de la distribución espacial de las lluvias-tipo generadas por distintas situaciones sinópticas, estableciendo el peso de cada una en el acumulado anual. También valoró el comportamiento de un efectivo indicador de los cambios estacionales en Cuba: la línea de discontinuidad zonal. Este investigador ha realizado con posterioridad importantes aportes en el campo de la climatología y muy particularmente en el análisis de casos tan especiales del campo pluviométrico como lo son las sequías meteorológicas (La Pinel, 2005).

En fecha más reciente, otros investigadores del INSMET (Solano O. et al, 2004) obtuvieron importantes resultados sobre el comportamiento de la lluvia anual para el período 1961-1990, considerando las decenas como el lapso de tiempo más utilizado en la ciencia agrometeorológica. En esa oportunidad lograron zonificar al país, ofreciendo mapas a escala 1: 1 000 000 de la distribución espacial de la lluvia con correcciones debidas a los gradientes pluviométricos. Utilizando el método de las rejillas, también se realizó el estudio pluvial del período 1951-1990.

Por último, un trabajo que resulta válido recordar en esta oportunidad, aunque no se circunscribió al área de las lluvias anuales, es el de las investigaciones sobre las lluvias de tormenta en la provincia Pinar del Río (Planos E., 1991). Se hace un estudio de la influencia de la mezcla de poblaciones (entendiendo por tales: las génesis diversas de las precipitaciones) sobre los parámetros característicos (media y C.V.) de las series cronológicas. Se expone que existe una regularidad en la distribución espacial y temporal de las lluvias que permite establecer un patrón característico de distribución de la lámina de lluvias torrencial, lo que debe

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

considerarse cuando se realiza la composición de la serie cronológica para el análisis estadístico de las precipitaciones. Constituye hasta hoy un hito en el tema.

En la década de los 1990 se empezó a pensar en un nuevo estudio que de la pluviosidad en Cuba ya que se imponía esta necesidad de reorganizar las redes hidrológicas en aras de fomentar un Mapa Isoyético de la República de Cuba, este trabajo se organizó con el apoyo de los especialistas de diferentes provincias dirigido por el Ing., Francis Francisco Rodríguez.

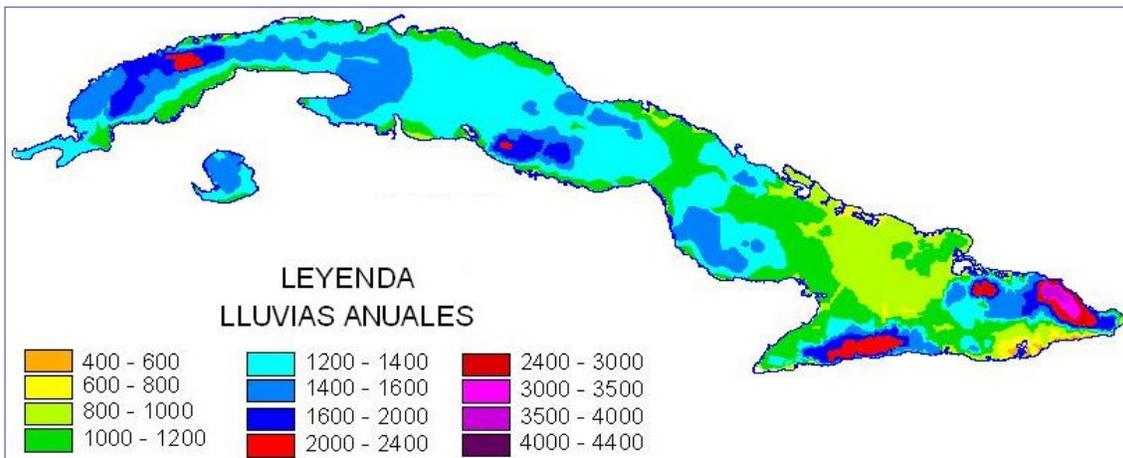


Figura 6. Mapa de la lluvia media hiperanual (milímetros) del período 1961-2000. Francis Francisco Rodríguez

### 1.2 Historia de la pluviometría en la provincia Santiago de Cuba y municipio Guamá.

#### 1.2.1 Red pluviométrica antes del año 1995

La exhaustiva búsqueda bibliografía en centros de información científicos especializados y en instituciones dedicadas a estos fines, no se encontró ningún documento ni en libros, artículo científico en revistas especializadas del diseño de la red pluviometría antes del año 1995 que permitiera estudiar y analizar bajo qué criterios fue concebido el mismo, solo se conocía que existían 208 equipo con una densidad de 34 equipos por cada 1000 km<sup>2</sup> lo cual la hacía altamente densa (Ver Figura 7).

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

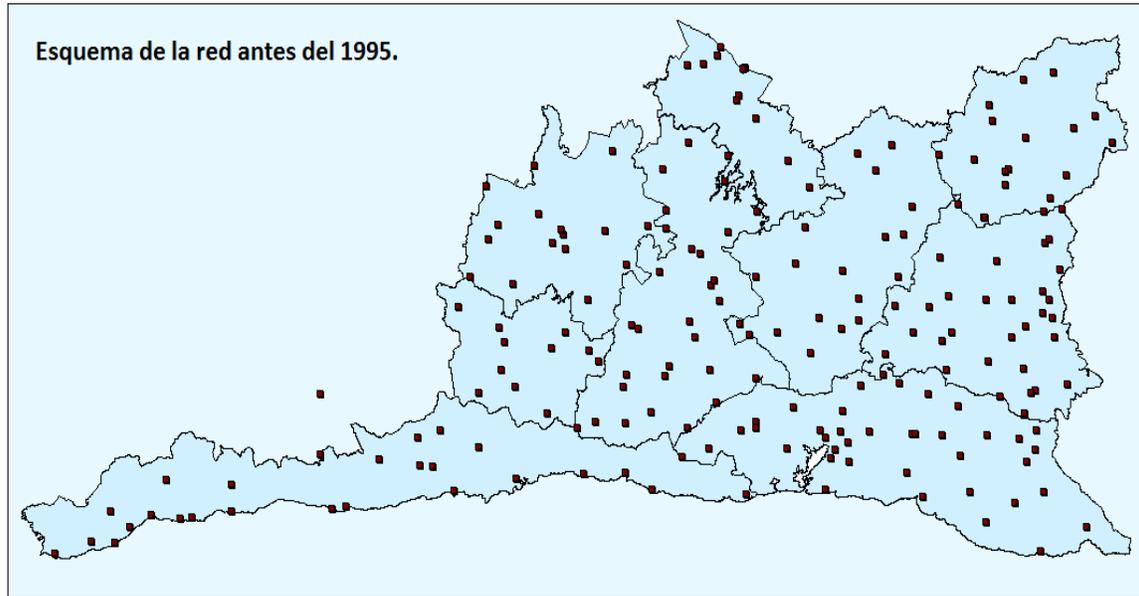


Figura 7. Red Pluviométrica antes del año 1995.

Como se puede observar en la tabla No.1, la cual muestra la distribución por años de observación, la mayor cantidad (73) presentan observaciones durante 31 - 40, la menor cantidad de equipos (4) se encuentran en el rango de 11- 20 años.

Tabla N.1 Distribución de los equipos por años de observación.

Período (Años)	Red pluviométrica
0 - 10	34
11 - 20	4
21 - 30	57
31 - 40	73
41 - 50	23
51 - 60	16
≥ 60	1
<b>Total</b>	<b>208</b>

Se observa además que en la zona llana la mayor cantidad de equipos (17) en la zona pre montañosa (76 - 100 m).

En cuanto a la zona montañosa la mayor cantidad (80) tienen altitudes entre 101- 200 m. Las grandes fajas altimétricas (mayores de 600) representada por 14

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

equipos. (Tabla 2 y 3). Se evidencia que el 79 % pertenecía a la zona montañosa lo que demuestra la representatividad espacial y temporal de las precipitaciones.

Tabla (N.2-3). Distribución por fajas altimétricas, zonas llanas y montañosas.

Fajas altimétricas Montañosa	Red pluviométrica	Fajas altimétricas Llanas	Red pluviométrica
101 - 200	80	0 - 25	13
201 - 300	33	26 -50	12
301 - 400	23	51 -75	2
401 - 500	6	75 - 100	17
501 - 600	8	<b>Total</b>	<b>44</b>
≥ 600	14		
<b>Total</b>	<b>164</b>		

Desde el punto político administrativo la pluviometría tiene su distribución temporal y espacial a partir de este diseño provincial, en el municipio Guamá en el cual existían 27 pluviómetros con una densidad de 3 equipos por cada 1000 Km<sup>2</sup> distribuido en todo el territorio provincial con una óptima representatividad tanto en la zona llana como la montañosa. (Figura 8).Ver Anexo1

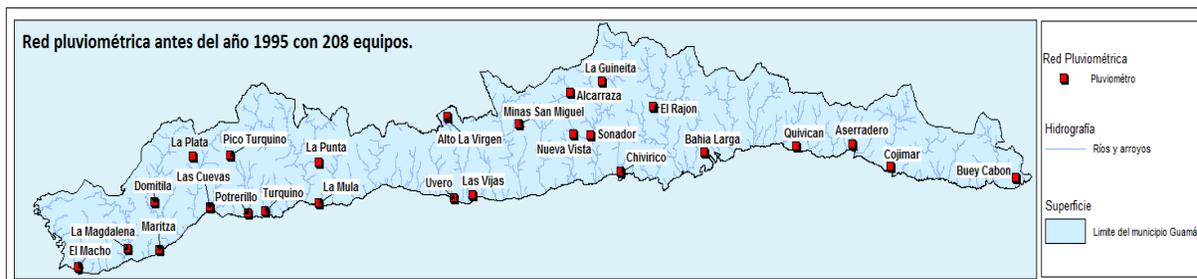


Figura 8. Red pluviométrica del municipio Guamá

Como se puede observar en la tabla N 4, la cual muestra la distribución por años de observación, la mayor cantidad (11) presentan observaciones durante 21 - 30 años seguidos en orden por aquellos que tienen observaciones durante 0-10 años (9), la menor cantidad de equipos (1) se encuentran en el 11- 20.

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

Tabla N 4. Distribución de los equipos por años de observación

Período (Años)	Red pluviométrica
0 - 10	9
11 - 20	1
21 - 30	11
31 - 40	7
<b>Total</b>	<b>27</b>

La mayor cantidad de equipos (7) se encuentran en la zona llana con alturas de 0 - 50 m.

En cuanto a la zona montañosa la mayor cantidad (4) tienen altitudes entre 101-200 m. Las grandes fajas altimétricas (mayores de 840 m) representada por 3 equipos.

Tabla N 5-6. Distribución por fajas altimétrica zonas llanas y montañosas.

Fajas altimétricas Montañosa	Red Pluviométrica	Fajas altimétricas Llanas	Red Pluviométrica
101 - 200	4	0 - 25	7
201 - 300	1	26 -50	7
301 - 400	1	51 -75	-
401 - 500	1	75 - 100	-
501 - 600	-	<b>Total</b>	<b>14</b>
601 - 700	-		
701 -800	3		
≥ 840	3		
<b>Total</b>	<b>13</b>		

El problema de la representatividad, que, si bien es general para todas las mediciones, es particularmente importante en la precipitación ya que representa una variabilidad espacial y temporal.

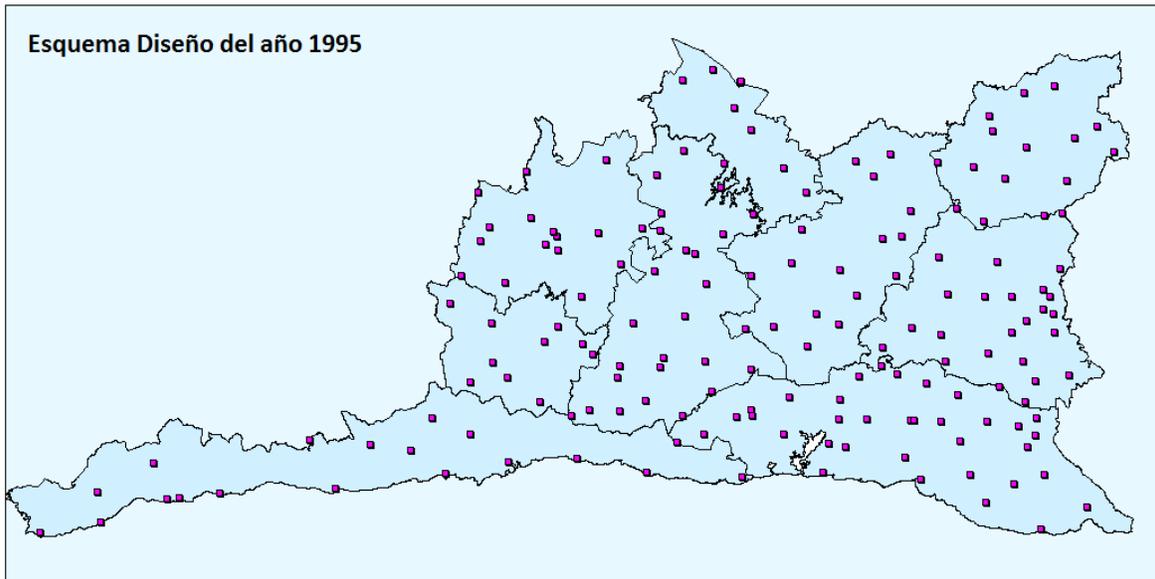
Se conoce que las redes hidrológicas son dinámicas, es decir cada cierto tiempo se deben rediseñar dado que las características estocásticas y aleatorias y varios factores que influyen en el comportamiento de la variable así lo determinan.

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

El estudio pluviométrico es el resultado de tantos trabajos dentro del conjunto de monografías sobre el clima. Las precipitaciones son de los principales rasgos básicos definitorios del clima, por eso rediseñar las redes cada cierto período de tiempo se impone.

En 1995 se realizó el rediseño de una nueva red pluviométrica elaborado por la Ing. Guadalupe Bermúdez Diéguez sobre la base del diseño anterior, el mismo dio por resultado 171 equipos pluviométricos con una densidad de 28 equipos por cada 1000 Km<sup>2</sup> y con una reducción de 37 equipos.

Debido a las causas ya mencionadas anteriormente la provincia Santiago de Cuba se vio en la necesidad de realizar un nuevo diseño de la red pluviométrica en 1995. (Figura 9)



**Figura 9.** Rediseño de la red pluviométrica del año 1995.

Como se puede observar en la tabla No.7, la cual muestra la distribución por años de observación, la mayor cantidad (71) presentan observaciones durante 31 - 40 años, la menor cantidad de equipos (3) se encuentran en dos rangos de 11- 20 y mayores de 60 años (1).

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

Tabla N 7. Distribución de los equipos por años de observación.

Período (Años)	Red pluviométrica
0 - 10	19
11 - 20	3
21 - 30	46
31 - 40	71
41 - 50	15
51 - 60	16
≥ 60	1
<b>Total</b>	<b>171</b>

La mayor cantidad de equipos (13) se encuentra en la zona llana con alturas de 76 - 100 m.

Las grandes fajas altimétricas (mayores de 700) representada por 10 equipos. En cuanto a la zona montañosa la mayor cantidad (65) tienen altitudes entre 101- 200 m.(Tabla 8 -9)

Tabla N.8-9 Distribución por fajas altimétrica zonas llanas y montañosas.

Fajas altimétricas Montañosa	Red pluviométrica
101 - 200	65
201 - 300	27
301 - 400	24
401 - 500	3
501 - 600	6
≥ 600	11
<b>Total</b>	<b>136</b>

Fajas altimétricas Llanas	Red pluviométrica
0 - 25	10
26 -50	10
51 -75	3
75 - 100	12
<b>Total</b>	<b>35</b>

En este diseño la autora consideró salvaguardar todos los equipos del territorio de Guamá ya que la representatividad era optima y se observa la equidad entre la zona llana y montañosa.

*Capítulo 2*

**CAPITULO 2 EQUIPOS DE MEDICIÓN DE LA VARIABLE LLUVIA.**

**2.1 El pluviómetro** es un instrumento que se emplea para la recogida y medición de la precipitación. Se usa para medir la cantidad de precipitaciones caídas en un lugar durante un tiempo determinado. (Ver figura10)



**Figura10.** Equipo pluviómetro.

Es un instrumento bastante sencillo que sirve para recolectar una cierta cantidad de agua y conocer de esa manera qué tanto pudo llover. Se usa sobre todo en las estaciones del año donde las precipitaciones son muy fuertes. Sin embargo, cada vez está siendo más usado por científicos en todas partes del mundo cuando hay fuertes aguaceros Sirve para medir las precipitaciones meteorológicas a través de la lluvia, la llovizna, el granizo, la nieve y el aguanieve. Sus inicios se remontan a 500 años atrás, y pese a que solo eran utilizados en los campos de cultivos para medir la cantidad de agua que caían sobre los suelos, actualmente se usan para diagnosticar cambios climáticos, pues es multifuncional, allí radica su importancia.

<https://wikipedia.org/wiki/pluviómetro>

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

### 2.2 Etimología de Pluviómetro

El término tiene su origen en Europa, para ser más precisos en Italia y Grecia. La palabra “pluvio” viene del latín “pluvia” y su significado es “lluvia”, mientras que “metro” es original del término griego “metrón” que a su vez significa “medida” o la acción de “medir”, por lo cual “pluviómetro” quiere decir “medir la lluvia”.



**Figura 11.** Ejemplo de pluviómetro.

Anteriormente las técnicas que se utilizaban para medir la cantidad de agua que caía en determinadas zonas eran con envases de plásticos o de vidrio que colocaban en el suelo y recolectaba el agua. Sin embargo, estos recolectores no daban ningún tipo de garantía, pues el ciclo no se cumplía de forma correcta.

Había factores externos al momento de la recolección como fuertes vientos o granizo que impedían determinar con exactitud si el nivel del agua en el recipiente era el correcto. Por este motivo los pluviómetros actuales de fabricación casera (hay muchos digitales) se colocan en lugares altos para que no haya nada que pueda impedir la recolección del líquido.

El primer pluviómetro fue ideado por Jang Yeong-sil en el siglo XXV, estaba forjado en bronce y tenía una abertura estándar para que las gotas provenientes de las

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

nubes ingresaran fácilmente. Posteriormente para el año 1963, uno de los discípulos del reconocido Galileo Galilei, Benedetto Castelli, quien era monje de profesión, hizo las primeras mediciones de precipitaciones en Europa.

Creo un artefacto de uso manual cuyo objetivo principal fue el aporte del agua que caía durante un evento lluvioso para el lago Trasimeno, en Italia. Pero, ¿Cómo funcionaba? A través de un recipiente de vidrio en forma de cilindro (como ya lo habíamos mencionado anteriormente), se colocaba bajo la lluvia y con cada hora que transcurría el mismo marcaba y medía el nivel del agua.



**Figura 12.** Ejemplo de pluviómetro.

Pero no fue sino hasta el año 1662 que se emplea el primer pluviómetro con cubetas basculantes. Este poseía un embudo que conducía el agua recolectada a un pequeño contenedor (cubeta), en forma triangular, los materiales empleados eran metal o plástico.

Funcionaba de una manera muy simple. Su equilibrio varía dependiente de la cantidad de agua que ingrese a cada parte, cada vez que caen 0.2 milímetros del líquido, una bisagra que está ubicada justo en el medio de ambas (como si fuera la gota de un medidor de nivel), tiende a moverse. Al final del día se contabiliza cuántas

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

veces se movió de un lado hacia el otro esta bisagra y proceden a multiplicarlo por los 0.2 milímetros de agua que caen.

Es decir, si el pluviómetro es colocado durante una lluvia en horas de la mañana y pasadas las cuatro de la tarde (un ejemplo) no hay más precipitaciones, recogen la herramienta y si determinan que se movió durante este tiempo unas 140 veces, esta cantidad es multiplicada por los 0.2 mm de agua que se requiere para mover la bisagra, lo que indicaría que cayeron unos 28 milímetros de agua en el día. (<https://meganaturaleza.com/c.lluvia/pluviómetro>)

### 2.3 Orígenes

La primera aparición de este instrumento para la medición data de los años 500 antes de Cristo y fueron los griegos quienes comenzaron a emplearlo, inicialmente para medir la lluvia. Como el ser humano siempre ha tenido la iniciativa y disposición para construir de cosas que parecían insignificantes como grandes inventos, no fue sino hasta su llegada a la India que comenzaron a darle el uso adecuado.



**Figura 13.** Ejemplo de pluviómetro.

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

Los hindúes ya tenían amplios conocimientos en materia de recolección de lluvias porque colocaban recipientes en el suelo para medirla, por lo cual decidieron hacer del pluviómetro una herramienta para mejorar sus cultivos, ya que conocían con precisión la cantidad de agua que caía y sobretodo manejaban los tiempos de aguaceros.

Años más tarde en Palestina, se encontraron relatos bíblicos en los que hablaba de la lluvia como un elemento vital para el desarrollo agrícola y sustento alimenticio, por lo que fue mucho más apreciado.

En los tiempos de la nueva civilización, el primer pluviómetro fue construido en el año 1441 en Corea durante el reinado de “Senjong el Grande”, no obstante, hay fuentes que atribuyen su creación a Jang Yeong-sil, el ayudante del rey que fue mencionado anteriormente.

Para 1662 el primero pluviómetro que funcionaba de forma automatizada sería inventado en Inglaterra y empleaba un diseño donde un balde inclinado al momento de llenarse, caía originando un hueco en un papel.

(<https://meganaturaleza.com/c.lluvia/pluviómetro>)

### **2.4 Importancia del pluviómetro**

Radica en la gran cantidad de fines que se le puede dar a su uso. En primer lugar y como punto esencial de su creación es la recolección del líquido para determinar la cantidad caída en un espacio determinado.

Es utilizado en campos de cultivo por los productores agrícolas para llevar una cantidad aproximada del líquido que se está vertiendo sobre sus cultivos, de esta manera permite llevar un mejor control para la cosecha final, puesto que, si las plantas reciben más agua que la que deberían, morirán.

En estos momentos no solo tiene fines comerciales y alimenticios, sino que es usado por los meteorólogos para predecir ciertos fenómenos y conocer con mayor exactitud las precipitaciones que se generan.

### **2.4. Características del Pluviómetro**

Hay muchos tipos de pluviómetros, ya sean de fabricación casera, industriales o en la nueva era tecnológica de los digitales. Sea cual sea su forma, material o tipo, todos tienen el mismo objetivo: Medir la cantidad de agua que cae en un lugar

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

determinado, sin embargo, puede tener fines distintos. Veamos a continuación sus aspectos más relevantes.

- Es un artefacto meteorológico.
- Es usado por productores agrícolas.
- Su creación se remonta a los tiempos antes de Cristo
- Son instrumentos sumamente sencillos y existen varios tipos.
- Mide lluvia, llovizna, granizo, nieve y aguanieve.
- No mide ni neblina, ni rocío.
- Es cilíndrico, y una de sus partes posee forma de embudo.

Como ya lo hemos visto, los pluviómetros son herramientas usadas en la meteorología para medir la cantidad de lluvia que cae en un lugar determinado durante un tiempo en específico. Además de medir la cantidad de precipitaciones, también es importante observar y determinar qué tipo de fenómeno fue el que generó esta precipitación.



**Figura 14.** Ejemplo de pluviómetro.

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

Si se trata de llovizna, tormenta, un chubasco, nieve o inclusive granizo., estos datos son muy relativos para determinar el tipo de precipitación, la altura y cantidad de las nubes o incluso la visibilidad que no puede ser reportada por las estaciones comunes.

Pueden subestimar a veces las cantidades de líquido que caen a la tierra, porque la lluvia si bien cae de arriba hacia abajo, el descenso no es de forma directa, ya que muchas de las gotas se adhieren a las paredes, ramas de los árboles, grandes arbustos o cualquier otro objeto que pueda atravesarse en el camino, incluso aves que estén volando en el momento de la lluvia.

Son esenciales para conocer la cantidad de agua que cae en un territorio, y gracias a ellos se proporcionan datos de interés para pronosticar posibles inundaciones. Los pluviómetros han servido para calcular de forma exacta grandes inundaciones durante diversos desastres naturales como el Huracán Katrina en el año 2005 o cuando en los países que están bajo el nivel del mar, existe un incremento en la marea. (<https://meganaturaleza.com/c.lluvia/pluviómetro>)

### **2.5 Pluviómetro y sus partes**

Por ser un instrumento sumamente sencillo, sus partes son pocas y bastante precisas. En primer lugar, un pluviómetro se compone de entrada de agua o boca, que es la abertura superior (boquilla) por donde estará el líquido. El segundo es el embudo recolector del agua, es decir, el tubo por el cual baja todo lo recolectado y en tercer lugar tenemos al depósito colector el cual que suele estar graduado para facilitar la medición.

Las partes de un pluviómetro nunca cambian, a pesar de que existe una gran variedad de tipos de estos artefactos, su composición siempre será la misma. Una boquilla por donde ingrese el agua, el embudo y por último el recolector o contenedor. Lo que si cambia son los materiales de fabricación y por ende la calidad de cada aparato.



Figura 15. Equipo pluviómetro.

Entendamos que el agua de lluvia es primordial para el desarrollo de la vida en nuestro planeta, y lo que estos instrumentos nos permiten es sacar un balance de la cantidad de agua que cae al suelo en un tiempo determinado. Esto puede servir (como ya pasó en tiempos anteriores) cuando fue un punto de inflexión en los cultivos.

### 2.5.1 Tipos de pluviómetros

Existen muchos tipos de pluviómetros desde los contenedores caseros hechos con envases de plástico hasta los últimos digitales.

- **Pluviómetro estándar:** Es el más común que actualmente usan en los aeropuertos y los meteorólogos oficiales, se inventó hace más de 100 años. Como características generales es un cilindro de unos 50 centímetros de alto con un embudo de 20 centímetros de diámetro.
- **Pluviómetro con tubo de descarga:** Es un dispositivo que permite determinar cuánta lluvia cayó durante ciertos períodos sin que ningún factor

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

externo (controladores) esté en los lugares en el momento de la recolecta. Es decir, permite coleccionar agua por largos períodos.

- **Pluviómetro de báscula:** Consiste en un recipiente ubicado sobre una balanza que se ajusta al contenedor, y a través de una serie de bisagras ubicadas en la parte superior, ajusta y nivela el agua que cae durante las lluvias. Su efecto es similar al de un sube y baja (juego que se encuentra en parques infantiles), cuando una parte está cargada con el líquido, baja y se vierte en el recolector.

Existen otras herramientas especiales para medida de la nieve, también llamados nivómetros. El mismo está diseñado para medir la profundidad y el espesor de las capas de nieve que caen, el aguanieve o granizo y evalúa un cálculo de la cantidad de agua precipitada.

### Pluviómetros digitalizadores

Son los más nuevos y por ende más avanzados, permiten medir la precipitación total de una lluvia, así como también su intensidad. Los datos que se recolectan se muestran en una pantalla y se mandan mediante dispositivos computarizados externos. Todo ese proceso se hace a través de sistemas tecnológicos y por ende los resultados obtenidos son más precisos.

Estos son asociados y utilizados por agencias de meteorología porque como ya lo mencionamos, los datos que se obtienen son mucho más precisos y se puede realizar un balance mucho más completo. Esto permite enviar a los diferentes medios de comunicación la data exacta y mantener a la población informada.

Como recomendación para estos artefactos es que se instalen perfectamente niveladas y en superficies planas donde no puedan moverse, esto va a permitir una mayor recepción del líquido. Otro factor es evitar que el aire mueva el pluviómetro, por lo que al momento de la instalación se requieren de cables sensores en las estaciones automáticas instaladas en especies de mástiles de más de dos metros de altura. (<https://meganaturaleza.com/c.lluvia/pluviometro>)



Figura 17. Pluviómetro digital.

### Totalizadores

En este caso, el diseño es mucho más innovador, posee un sistema que emplea cualquier contabilizador que supera la cantidad de líquido recolectada por los tipos anteriores. Por otra parte, permite recoger y sobretodo almacenar (la cual es su principal función) el líquido de una precipitación durante largo tiempo, por lo que tiene características especiales.

Posee un vaso inferior que puede cargar hasta 200 litros, así que a pesar de que su vaso superior se llene y comience a rebasar el límite y desbordarse no habría ningún inconveniente ya que el contenedor inferior recolecta toda el agua. Por este motivo las precipitaciones superiores no pueden ser medidas, pero se acumulan y permiten contabilizar la cantidad total por un lapso de tiempo mayor.

Esta función que realizan en la práctica de la meteorología se llama totalizadores, están fabricados en hierro galvanizado y son de grandes dimensiones y robustez, y cuyo deterioro es muy rápido debido, sobretodo, a la solidificación en invierno.

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

Para emplear un pluviómetro como totalizador debemos seguir una serie de pasos que nos permitan cumplir a cabalidad con el sistema de recolección del agua para que pueda funcionar, de lo contrario estaremos perdiendo el tiempo. Primero perforamos un pequeño tubo que hay en el fondo del vaso inferior, haciendo un agujero, y una vez colocado el pluviómetro en su soporte, se ajusta con otro tubo de goma y se asegura mediante una abrazadera, esto permitirá que no se caiga. (<https://meganaturaleza.com/c.lluvia/pluviómetro>)



**Figura 18.** Ejemplo de un pluviómetro totalizador.

### 2.5.2 Medidas del pluviómetro

Los pluviómetros miden las precipitaciones de una lluvia o fuerte tempestad durante un determinado tiempo. Al momento de la recolecta debemos suponer que no se evaporó ni una sola gota de agua en el período que cayó la lluvia, de lo contrario el proceso fallaría.

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

También debemos tener en cuenta que ni los aparatos de medición caseros, de fabricación industrial o los nuevos digitalizados pueden dar un balance 100% exacto de la cantidad de agua que cae y solo son aproximados o estimados. Las últimas consideraciones para medir las precipitaciones siguen viendo a estos instrumentos como una joya para la ciencia.

### **2.5.3 Instalación y Cuidado del Pluviómetro**

La instalación del pluviómetro debe ser objeto del mayor cuidado para evitar errores en la obtención de los datos. Las condiciones necesarias para ello son:

- a) La boca del pluviómetro debe estar a una altura del suelo de 1,50 m.
- b) El pluviómetro debe ir colocado sobre un poste vertical fijado de forma tal que se impida todo movimiento y de manera que la cabeza del poste (achaflanada también a 45° hacia afuera), se encuentre 15 cm por debajo de la boca del pluviómetro, la que a su vez debe estar perfectamente horizontal.
- c) El pluviómetro debe colocarse alejado de cualquier obstáculo (árboles, paredes, tapias, etc.) para que los mismos no obstaculicen la entrada de lluvia. De existir aquéllos en las proximidades, el instrumento de medición debe estar siempre a una distancia horizontal por lo menos cuádruple respecto a la altura de los obstáculos vecinos.
- d) En caso de que no haya jardín o lugar abierto sin obstáculos para colocar el pluviómetro en las condiciones descritas y sea necesario colocarlo sobre un edificio, casilla, etc., debe estar siempre afirmado a un poste, de manera que la boca del pluviómetro sobrepase en un metro la parte más alta del techo en que se lo coloca (o sus parapetos, cumbreras, etc.).
- e) Se debe cuidar siempre que en el interior del pluviómetro o en el embudo no haya hojas secas u otros objetos que puedan alterar la medición exacta de la lluvia.

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas



**Figura 19.** Pluviómetro.

*Capítulo 3*

### CAPITULO 3 REDISEÑO Y RESULTADOS DE LA RED PLUVIOMÉTRICA EN EL MUNICIPIO GUAMÁ.

#### 3.1 Ubicación y características del municipio Guamá

El municipio Guamá está situado en la parte occidental y sur de la provincia de Santiago de Cuba. Este municipio surgió en 1976 con la nueva división político-administrativa, con su capital en el poblado de Chibirico. Anteriormente este vasto territorio formaba parte del término municipal de El Cobre.

Junto al municipio de Santiago de Cuba, comparte el litoral de la provincia, y en su caso, es largo y tiene una estrecha franja costera, que a su vez comprende una buena porción de la Sierra Maestra, macizo montañoso más importante de Cuba.

Esta situación geográfica determina la fisonomía del municipio, que es eminentemente montañoso, al encontrarse en el mismo la zona más intrincada de la Sierra, en este caso el Pico Real del Turquino, con sus 1974 metros de altitud sobre el nivel del mar, y una parte de la llamada "Sierrita o Maestría de Los Libertadores" cuyos picos sobrepasan los 1700 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), compartida con la provincia de Granma.

El municipio Guamá está situado en la porción sur-occidental de la provincia de Santiago de Cuba. Se extiende por una estrecha franja de 175 km de largo, desde el río Macío hasta la playa de Buey Cabón con una superficie de 949.69 km<sup>2</sup> ocupa el segundo lugar entre los municipios santiagueros, pero el octavo por su población. Limita al norte con los municipios de Bartolomé Masó, Buey Arriba, Guisa, en la provincia de Granma; Tercer Frente y Palma Soriano, al este aparece el municipio de Santiago de Cuba, al sur está el Mar Caribe y al oeste: encontramos el municipio de Pílon, provincia de Granma.

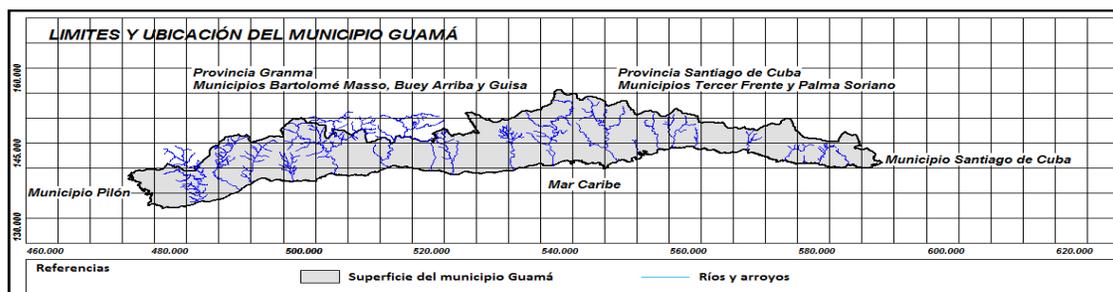


Figura 20: Límites y ubicación del municipio Guamá.

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

### **3.2 Costas**

Guamá y Santiago de Cuba son los únicos municipios de la provincia homónima que tienen costas. De ellas, las 2/3 partes corresponden a Guamá.

La costa guamense es alta y acantilada, y se destaca por que en muchos sitios las montañas de la Sierra Maestra caen directamente al mar, formando paisajes de una extraordinaria belleza. Al ser una costa maciza, no tiene accidentes costeros de gran importancia. En sitios, está cortada por la desembocadura de los numerosos ríos que descienden desde la Sierra Maestra. En otras partes aparece una estrecha llanura costera, donde se asienta una buena parte de la población. En algunos tramos costeros, los espolones montañosos caen directamente al mar. Partiendo desde el oeste, se destacan los siguientes accidentes costeros: Punta Las Llanas, ensenada de las Cuevas, ensenada del Turquino, Punta Bayamita, Boca de Caraballo, Punta Tabacal, Cayo Dama, Punta de Moquenque, Playa Sevilla, El Francés, Caletón Blanco y otras.

### **3.3 Clima, Vegetación y Fauna**

El clima del municipio es tropical, aunque al estar situado al sur de la Sierra Maestra, predominan en buena parte de su territorio condiciones de sequedad. La más extensa serranía cubana sirve de barrera natural a los vientos alisios que vienen cargados de humedad desde el Océano Atlántico. Al encontrarse con estas montañas, se ven obligados a elevarse, por tanto, se condensan y se precipitan en su ladera norte, y al descender secos por la ladera sur, lugar donde se encuentra el municipio, propician mayores condiciones de sequedad.

También se debe recordar que la ladera sur de la Sierra Maestra está todo el año frente al sol, y acentúa esas condiciones de escasa humedad. A ese sitio se le nombra como la solana, mientras que la norte, más fresca y húmeda se conoce como umbría.

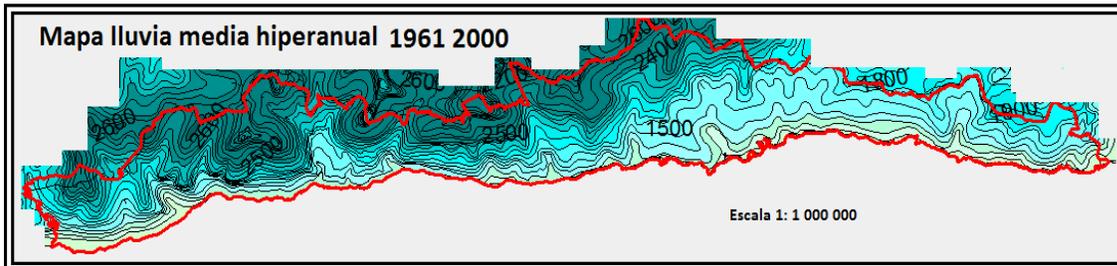
En el mapa de las temperaturas medias mensuales del aire, se puede comprobar que en el mes de julio, o sea, en la estación de verano, aparecen las isotermas 27 y 26 °C, siguiendo la misma dirección latitudinal. En los altos picos de la Sierra del Turquino son más bajas las temperaturas que se corresponden con la isoterma 17 °C.

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

En el mes de enero, y correspondiéndose con el invierno, o temporada más fresca aparecen las isotermas 23, 22 y 21 °C, mientras que alrededor del pico Turquino está la isoterma 15 °C.

### 3.4 Precipitaciones

En el mapa de lluvia media hiperanual, el municipio de Guamá tiene 1200 mm de lluvias hacia la costa, cuyos valores van ascendiendo hacia las montañas, llegando a valores superiores a los 2000 mm en los altos picos de la Sierra del Turquino.



**Figura 21** : Mapa de lluvia media hiperanual. Fuente: Mapa Isoyético de la República de Cuba.

En el período lluvioso (mayo-octubre), coincidente con los meses más calurosos, ocurren las mayores precipitaciones, estando los valores entre 1000 mm en la costa y hasta más 1600 en el macizo del pico Turquino y zonas aledañas.

Durante el período seco o de escasas precipitaciones (noviembre-abril) el valor de las precipitaciones desciende a unos 300 mm, en la costa y alcanzan los 600 mm en las montañas. La zona norte del municipio de Guamá, está entre las regiones más pluviosas de Cuba, coincidiendo con las mayores alturas de la Sierra Maestra.

#### 3.4.1 Diseño de la red pluviométrica actual en el año 2008.

En el año 2008 se diseñó una nueva red debido a la mala comunicación de los equipos sobre todo los correos, por otra parte, la emigración de personas hacia las ciudades principalmente los campesinos que voluntariamente realizaban la medición y el cuidado del equipo, esto conllevó que la red quedara conformada en 140 equipos para una densidad de 23 pluviómetros por cada 1000 km<sup>2</sup> pudiéndose considerar a escala internacional como elevada.

Como se puede observar en la tabla la cual muestra la distribución por años de observación, la mayor cantidad (64) presentan observaciones durante 51 - 60 años seguidos en orden por aquellos que tienen mayores de 60 años (31), la menor

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

cantidad de equipos (4) se encuentran en dos rangos de 11- 20 y 41-50 años. (Ver tabla N 10).

Tabla N 10. Distribución de los equipos por años de observación.

Período (Años)	Red pluviométrica actual
0 - 10	12
11 - 20	4
21 - 30	13
31 - 40	12
41 - 50	4
51 - 60	64
≥ 60	31
<b>Total</b>	<b>140</b>

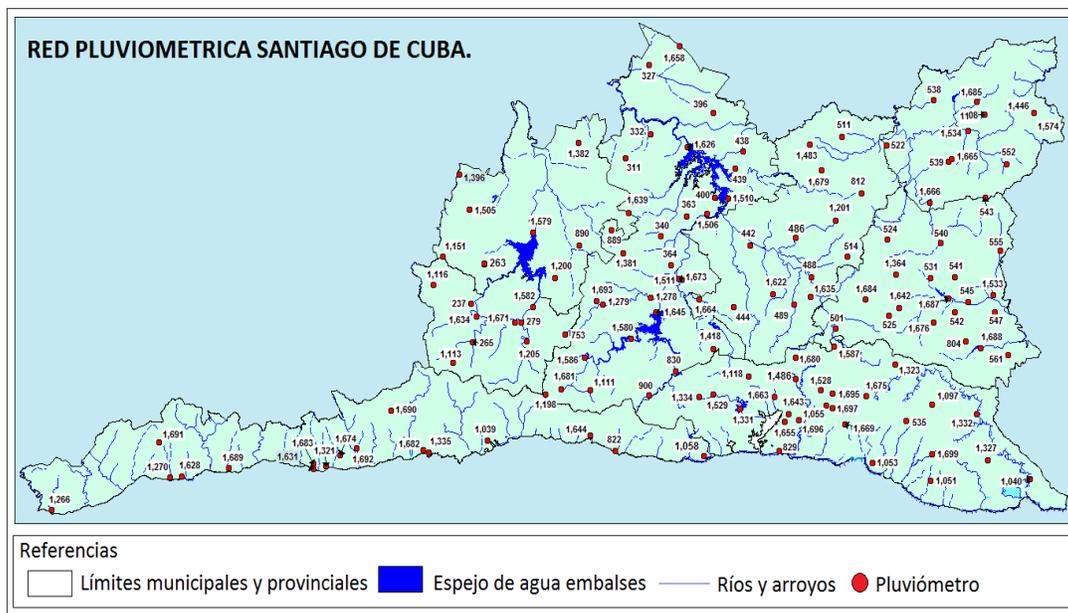
La mayor cantidad de equipos (12) se encuentra en la zona llana con alturas de 0 50 m. Se observa además que en la zona llana hay 9 equipos en la zona pre montañosa (76 - 100 m).

En cuanto a la zona montañosa la mayor cantidad (55) tienen altitudes entre 101- 200 m. Las grandes fajas altimétricas (mayores de 700) representada por 5 equipos

Tabla N 11-12. Distribución por fajas altimétrica zonas llanas y montañosas.

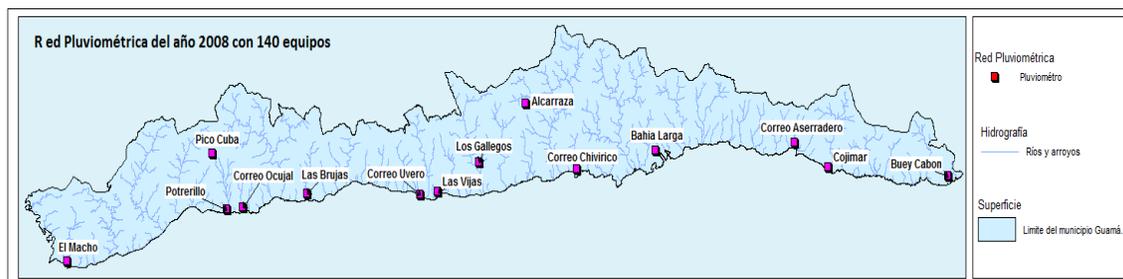
Fajas altimétricas Zonas montañosas	Red pluviométrica	Fajas altimétricas Zonas llanas	Red pluviométrica
101 - 200	55	0 - 25	12
201 - 300	24	26 -50	12
301 - 400	14	51 -75	3
401 - 500	2	76 - 100	9
501 - 600	4	<b>Total</b>	<b>36</b>
≥ 700	5		
<b>Total</b>	<b>104</b>		

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas



**Figura 22.** Diseño de la Red pluviométrica actual. (2008)

A raíz del rediseño en el año 2008, el territorio que ocupa Guamá tuvo una reducción de 13 equipos pluviométricos en su mayoría en las zonas montañosas quedando solamente 14 de los 27 que existían es decir casi se prescindió el 50% lo que conllevó a desmantelar la representatividad de la precipitaciones en esa zona. (Ver Figura 23) Ver Anexo 2.



**Figura 23.** Municipio Guamá con 14 pluviómetros.

### 3.4.2 Propuesta de rediseño de la red pluviométrica en el municipio Guamá.

Los órganos de gobierno del municipio Guamá están trabajando para sacar adelante a su territorio y están a la escucha de todas las entidades que desean o están preparadas para brindar su apoyo en el reordenamiento del mismo en aras eliminar y/o mitigar todas las vulnerabilidades y una de ellas son las redes pluviométricas.

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

Por varias razones las redes se han visto afectadas por la emigración del campesino a ciudades cabeceras, abandono de equipo, difícil acceso y por no contar con medios de comunicaciones

Las redes hidrológicas tienen como objetivo fundamental la recopilación sistemática de la información con el fin de evaluar las etapas del ciclo hidrológico.

Para cumplir el objetivo de perfeccionar la red pluviométrica, la principal herramienta fue a primera instancia la clasificación de la misma y en segundo su diseño, el cuál responde a criterios muy específicos.

En cuanto a la clasificación se puede decir que es la condición indispensable para acometer la tarea porque ahí se concibe distintos órdenes de prioridad por lo que se da la posibilidad de prescindir de equipos que no responden a los objetivos planteados o que por su localización próxima a otros de mejor situación (entiéndase no solo en el aspecto geográfico sino también en cuanto a longitud y calidad de serie que viene aparejado la garantía de la información).

En la búsqueda del esquema a emplear para la conclusión de este diseño se adoptaron diferentes criterios partiendo de dos consideraciones generales estado actual y posibilidades económicas reales, buscando que sea confiable y al mismo tiempo sostenible. Se trata de una red homogéneamente distribuida atendiendo a:

- Disminución de la variabilidad de la lluvia de este a oeste.
- Distribución y complejidad en la distribución espacial y el mayor peso en la formación del escurrimiento fluvial.
- Diseño que responda a los fines de obtención del dato más representativo posible.
- Mayores registros históricos y estabilidad en las observaciones.
- Calidad de las observaciones.
- Continuación en un futuro de las observaciones sin alteraciones considerables que no afecten la homogeneidad de las series.
- Distribución triangular con mallas no mayores de 11 Km, ni menores de 8 Km a excepción de lugares donde resultó ineludible.

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

- Ubicación en establecimientos pertenecientes al sistema de Recursos Hidráulicos u otra entidad preferentemente que posea medios de comunicación

Se hizo necesario definir el error con que se obtiene la información cuando esta se extrapola y también el campo de variación de la lluvia y por supuesto su homogeneidad e isotropía, la primera tarea lógicamente, fue el análisis de las diversas metodologías recomendadas por la organizaciones internacionales, de ellas se seleccionó el método teórico que estudia la distribución espacial del campo de las precipitaciones desde el punto de vista de su estructura estadística planteado por R. L. Kagan fundamentando en la obtención del error que se introduce al interpolar la información desde los puestos de medición a cualquier punto del área en estudio partiendo de la función de correlación empírica, la misma es muy importante y resulta el punto de partida del diseño. Ella muestra muy explícitamente como declinan las relaciones entre los pluviómetros a medida que la distancia entre ellos se hace mayor y aún más puede cuantificar los errores puntuales debido a las condiciones microclimáticas. Esta última se obtiene extrapolando la curva para la distancia entre pluviómetros igual a cero ( $R(0)$ )

La función de correlación  $r(1)$  empírica, será válida si se cumple la doble condición de homogeneidad, o sea no depende de la magnitud de las desviaciones, ni de la dirección en que se efectúen las correlaciones.

Para transformar la función de correlación empírica  $r_1(1)$  en la función teórica  $r_2(2)$  fórmula propuesta por Alexeev.

$$r_{(1)} = \frac{\hat{r}_{(1)}}{\hat{r}_{(0)}}$$

Donde:

$\hat{r}_{(1)}$ : Valor de la función empírica para la distancia L.

$\hat{r}_{(0)}$ : Valor de la función extrapolada hasta la distancia cero ( $1 = 0$ )

Determinando que para cualquier valor de 1 se cumpla:

$$|\hat{r}_{(1)}| < |r_{(1)}|$$

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

Esta desigualdad se debe a la existencia de los errores aleatorios y a las características microclimáticas locales, lo que se determina tomando como base la siguiente expresión:

$$\delta = \sqrt{\frac{1 - \hat{r}_{(1)}}{\hat{r}_{(0)}}}$$

Con la función de correlación teórica se calcula el error relativo de la interpolación de las desviaciones ( $S_0$ ).

$$S_0 = \sqrt{1 - \frac{3r^2(1/\sqrt{3})}{1 + 2r_{(1)}}$$

Esta ecuación se aplica a una red cuya distribución de los puntos de medición es triangular y el valor  $S_0$  calculado corresponde al máximo espacio situado entre los tres equipos que conforman el triángulo partiendo de cero puesto que en ella no se han considerado los errores del dato inicial. Luego el error total de interpolación debe ser determinado por:

$$S_t = \sqrt{S_0^2 + \frac{\delta^2}{3}}$$

Es decir que el error total debe ser mayor que el de los datos iniciales, e igual o menor que la mitad de variabilidad de las precipitaciones. Si se observa la figura unci3n de correlaci3n y error podemos argumentar que para un valor de  $S_t = 0.5$  se obtiene una distancia m3xima permisible de 17 km entre los lados de la maya triangular en cuyos v3rtices se localizan los pluvi3metros.

El error total de interpolaci3n  $S_t$  esta expresado en funci3n de la desviaci3n t3pica recomendando utilizar el siguiente criterio:

$$\delta < S_t \leq 0.5$$

Se seleccion3 una distancia entre pluvi3metro que oscilara entre 8 y 11 km para que garantizara un coeficiente de correlaci3n superior a 0.75. Con estos valores se garantiza un error de interpolaci3n que no supera el 10 % de la media hiperanual siendo este el error total de dise1o para el dato anual siempre que le demos a la red una configuraci3n triangular.

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

Estos límites entre equipos se aplicaron a todas las zonas llanas del país, los que se consideraron por debajo de la cota 200 m, el resto se analizó mediante el criterio de homogeneizar las densidades por fajas altimétricas.

Con estos criterios y considerando además otros aspectos tales como record histórico, representatividad de su ubicación, etc., se seleccionaron los equipos que forman parte de la propuesta del rediseño de Guamá dando como resultado un total de 20 equipos con una densidad de 2 equipo por cada 1000 km<sup>2</sup>, este diseño se cumple con los patrones de diseño que plantea 17 equipos por cada 1000 km<sup>2</sup>, por lo que la densidad satisface la precisión de todos los valores de lluvias totalizados.

### 3.4.2 Distribución de los equipos del rediseño de la red por años de observación.

Como se puede observar en la tabla No.13, la cual muestra la distribución por años de observación, la mayor cantidad (7) presentan observaciones durante 51 - 60 años seguidos en orden por aquellos que tienen menos de 30 años (2).

TablaN3.13. Distribución de los equipos por años de observación.

Periodo (Años)	Red pluviométrica propuesta
0 - 10	2
11 - 20	1
21 - 30	2
31 - 40	1
41 - 50	-
51 - 60	7
<b>Total</b>	<b>13</b>

En cuanto a su distribución por fajas altimétricas en la parte llana la mayor cantidad de equipos (4) se encuentra en la zona llana con alturas de 0 - 25 m.

Las grandes fajas altimétricas (Mayores de 700 se encuentra representada por 1 equipo

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

En cuanto a la zona montañosa la mayor cantidad (5) tienen altitudes entre 201 - 300 m, (Ver tabla14-15)

Tabla N 14-15. Distribución por fajas altimétrica zonas llanas y montañosas.

Fajas altimétricas Zonas montañosas	Red pluviométrica propuesta	Fajas altimétricas Zonas llanas	Red pluviométrica propuesta
101 - 200	2	0 - 25	4
201 - 300	5	26 -50	3
301 - 400	1	51 -75	1
401 - 500	1	76 - 100	2
≥ 700	1	<b>Total</b>	<b>10</b>
<b>Total</b>	<b>10</b>		

Tabla No. 16 Tabla comparativa de la densidad entre red

Red	Total de pluviómetros	Densidad Pluviómetros/1000 km <sup>2</sup>
Red pluviométrica diaria actual (2008)	14	2
Rediseño Red pluviométrica (2019)	20	2

En este rediseño se realizaron los cambios necesarios en aras del fortalecimiento de la información.

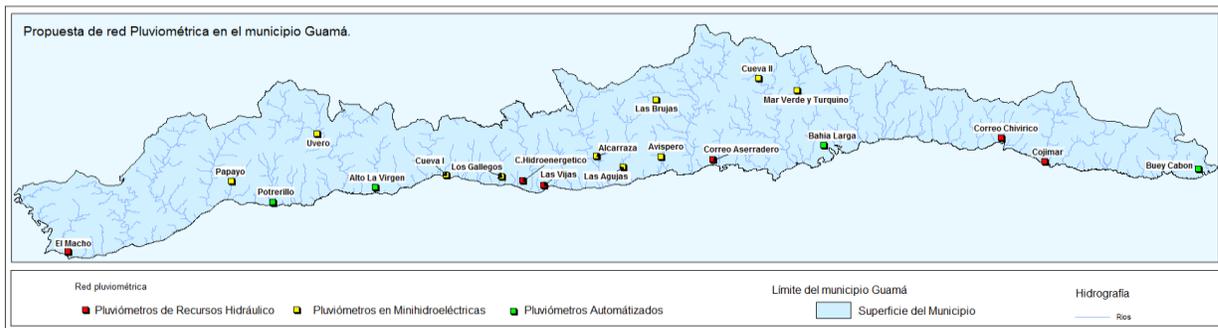


Figura 24. Propuesta de diseño pluviométrico en el municipio Guamá.

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

Durante el período 2016-2018 la Empresa se favoreció con la implementación de diferentes fondos a través de la corporación española por los fondos de la ODS y la Unión Europea DIPECHO, Estos proyectos han sido implementados por PNUD y en el caso de DIPECHO, de conjunto con PMA y UNICEF.

Actualmente se trabaja en los proyectos “ Adaptándonos a la sequía: Gestión sostenible del agua ante la sequía en Santiago de Cuba, para una mayor resiliencia y adaptación al cambio climático”, Mejora del control del suministro de agua a la población en la ciudad de Santiago de Cuba ante el impacto a la sequía”, Fortalecimiento de la resiliencia de familias y grupos vulnerables afectados por la sequía en Santiago de Cuba. Estos proyectos donaron equipos pluviométricos convencionales(14) y evaporímetros (7).Ver Anexo 3.

## *Conclusiones*

### **CONCLUSIONES**

El presente trabajo cumplió con el objetivo propuesto ya que se logró diseñar una red óptima para las caracterizaciones de las precipitaciones en las zonas despobladas en las montañas.

1. Se ha diseñado la red con el fin de obtener el dato anual con un error máximo puntual del 10 %.
2. Para el dato mensual se cumple también la condición de que el error total es menor que la mitad de la variabilidad de la lluvia.
3. Este diseño implica una disminución significativa en el costo de explotación.
4. Se proponen 12 nuevas instalaciones en las instalaciones de las mini hidroeléctricas en aras de la sostenibilidad y resguardo de los equipos.
5. Próximamente se instalarán 4 estaciones hidrológicas automatizadas en Bahía Larga, Buey Cabón, Potrerillo y Alto La Virgen.
6. Se propone desactivar 4 correos por el problema que presentan con las comunicaciones que serán sustituidos por los anteriores mencionados con estaciones automatizadas.

## *Recomendaciones*

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

### **RECOMENDACIONES**

1. Proponemos una vez aprobado el diseño realizar acciones para 12 instalaciones.
2. Instalar 4 estaciones automatizadas.
3. Desactivar 4 equipos de correos.
4. Continuar gestionando proyectos para potenciar con equipos automatizados las redes pluviométricas.

# Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

**Inaeldis Merencio Ramírez**

*Bibliografía*

**Trabajo De Diploma**

### Bibliografía

1. Bermudez.Guadalupe. (1995). Rediseño Red Básica, INRH Santiago de Cuba.
2. Bocanegra. Diana Marcela, Cuervo. María Camila, (2015). Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
3. Calcagno, Alberto. 2001. Informe sobre la Gestión del Agua
4. Carlos D. Segerer, Esp. Rubén Villodas. (2006). Hidrología 1. Universidad de Cuyo, facultad de Ingeniería Civil.
5. De la rosa Parra, S. F., & Luengas Machado, D. J. (2015). Tecnología en Saneamiento Ambiental. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
6. Dr. León. Alcides, Ing.Hernández. Arturo. (2013). Centro de Investigaciones Hidráulicas, CUJAE, La Habana (<https://meganaturaleza.com/c.lluvia/pluviómetro>)
7. Dra. Madeleine Renom. (2011). Principios básicos de las mediciones atmosféricas.
8. Durán. Teresa. (2008). Rediseño de la red Informativa de lluvia diaria
9. Fernández N, Huerta J: Red Pluviométrica diseño y organización. La Habana, 1975.
10. Fosca. Edwin. (1928). Mapa de lluvia media anual de Cuba.
11. Francisco. Francis (1990). Mapa Isoyético de la República de Cuba.
12. González E, Lora B: Régimen de lluvia de la pluvisilva submontana en Cuba. La Habana 1987.
13. Manual "Red Pluviométrica Nacional". Editado por Planeamiento Hidráulico (Dpto. de Hidrología) septiembre 1978.
14. Mylène. Civate; Flavie Mandel (diciembre de 2008). Característica del Pluviómetro.
15. Powel.W.E. (1953). Régimen Pluviométrico de la Región de Cuba.
16. Rodríguez. Francis. Francisco: Rediseño y racionalización de la red pluviométrica de Cuba.
17. Rojas Polanco. María Isabel, Mora. Luis Eduardo (2009). Diseño óptimo de redes pluviométricas.

## **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

18. Rujana, Mario R. Currie, Héctor M. Universidad Nacional del Noroeste. Comunicación Científicas y Tecnológica 2004.
19. Trusov I. I, Izquierdo A, Díaz L. R: características espaciales y temporales de las precipitaciones atmosféricas.
20. Trusov. (1965). Mapa Isométrico de Cuba Primera versión.
21. Uribe. A. Alba. (1954). Banco de Fomento Agrícola e Industrial de Cuba.
22. Voluntad Hidráulica No 106.

# Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

*Anexos*

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

### Anexo 1(Fuente). Diseño de la red pluviométrica antes del año 1995

No	Equipos	Nombre
1	237	Las Pozas
2	256	La Valeriana
3	263	Los Negros
4	265	Las Bocas
5	277	América Libre
6	279	Cruce Los Baños
7	280	Macuba
8	288	Los La guiales
9	289	Marsella
10	300	Candelaria
11	311	Yaveremos
12	313	La Esperanza
13	315	Sucursal
14	316	El Cristal
15	327	Bio Paso
16	332	Guayabero
17	340	Los Pinos
18	357	Diamante
19	360	Casaca
20	363	Maibio
21	364	ETICA
22	395	Candelaria
23	396	Comunidad 21 Abril
24	400	El Ocho
25	403	Alambre
26	405	Hatillo
27	430	Pico Turquino
28	438	Grua Miranda
29	439	J.A.Mella
30	442	Batey Chile
31	444	El Tetuan
32	486	Lagunas
33	488	Borgita
34	489	Ullao
35	500	Chamarreta
36	501	Salvador Rosales
37	511	El Tesoro

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

No	Equipos	Nombre
38	513	Nuevo Mundo
39	514	Abundancia
40	515	Alto Songo
41	522	Los Laneros
42	523	Resbalón
43	524	La Prueba
44	525	La maya
45	527	Santa Ana
46	530	Seboruco
47	531	Mata Indio
48	533	Santo Domingo
49	534	Simpatía
50	535	Gran Piedra
51	538	Jagueta 1
52	539	San B. de Mayarí
53	540	La Leonor
54	541	Margarita
55	542	Palmarejo
56	543	M. de Matahambre
57	544	Carmen Rosa
58	545	Olimpo
59	547	Micaela
60	548	Yerba de Guinea
61	549	Ramón des las Yaguas
62	551	Soledad de Mayarí
63	552	La Manuela
64	555	Rio Arriba
65	561	Aguada
66	753	Minas de Cambute
67	792	La Ceiba
68	804	San Alejandro
69	812	La Caoba
70	814	Edelmira
71	822	Cojimar
72	827	Morro Poz
73	828	Quiviján
74	829	Aeropuerto
75	830	Charco Mono

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

No	Equipos	Nombre
76	840	La Escuela
77	854	El Carril
78	878	Baire Abajo
79	889	Palo Picao
80	890	Alcázar
81	900	Vega Murcia
82	1039	Bahía Larga
83	1040	Boca de Baconao
84	1041	Chalia
85	1045	Las Guasimas
86	1051	Retiro Verraco
87	1053	Siboney
88	1054	Sigua
89	1055	San José
90	1057	El Rajón
91	1058	Buey Cabón
92	1097	Santa Bárbara
93	1098	La Victoria
94	1107	Peladero
95	1108	Tumba 7
96	1111	La Cubana
97	1113	Duaba
98	1116	La Tabla
99	1117	Eliades Lien
100	1118	Manantuaba
101	1151	Rihito
102	1190	La Meseta
103	1198	La Estrella
104	1199	El Calvario
105	1200	La Güira
106	1201	Bucuey
107	1203	Dulce Unión
108	1204	Corralillo
109	1205	San Fermín
110	1206	Los Pasteles
111	1207	La Picada
112	1266	El Macho
113	1270	Potrillo

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

No	Equipos	Nombre
114	1271	Domitila
115	1272	Maritza
116	1278	Caney del Sitio
117	1279	El Ramón
118	1312	Santa Rosa
119	1313	Magdalena
120	1316	Minas San Miguel
121	1318	Nueva Vista
122	1319	La Guineíta
123	1320	La Mula
124	1321	Las Vijas
125	1323	Providencia
126	1325	La Anita
127	1327	Poza Negra
128	1330	El Triunfo
129	1331	Parada
130	1332	Trucucu
131	1333	La Rosita
132	1334	La Lucha
133	1335	Chivirico
134	1355	Soledad de la Maya
135	1364	Manacal de la Maya
136	1370	El Mirador
137	1376	Universidad
138	1380	Vallonrrat
139	1381	Aduana
140	1382	Jagüey Blanco
141	1396	Lourdes
142	1418	Concordia
143	1421	Loma del Gato
144	1446	San Nicolás
145	1483	Santa Rita
146	1486	Chalons
147	1503	Correo Alto Songo
148	1504	Correo Grillo
149	1505	Correo Baire
150	1506	Correo Contraestrella
151	1509	Correo Maffo

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

No	Equipos	Nombre
152	1510	Correo Palmarito
153	1511	Correo Palma
154	1528	Correo El Caney
155	1529	Correo El Cobre
156	1533	Correo Los Reynaldos
157	1534	Correo Mayarí
158	1551	Alto Cedro
159	1574	La Victoria
160	1579	Presa Céspedes
161	1580	Presa Gilbert
162	1582	El Francés
163	1586	Las Coloradas
164	1587	Correo El Cristo
165	1596	Santa Ana
166	1622	Correo San Luis
167	1623	Minas del Cristo
168	1624	Alto La Virgen
169	1625	La Corea
170	1626	Presa Baraguá
171	1628	Correo Ocuja
172	1629	Sonador
173	1630	Complejo Palma
174	1631	Correo Uvero
175	1632	Correo Alto Cedro
176	1633	Correo Candonga
177	1634	Correo Matías
178	1635	Correo Dos Caminos
179	1636	Comandante
180	1638	Correo Matahambre
181	1639	Correo Ingenio Oriente
182	1640	Correo R. de Guaninao
183	1641	Correo Dos Ríos
184	1642	Correo La Maya
185	1643	Correo Stgo 1
186	1644	Correo Aserradero
187	1645	Presa Gota Blanca
188	1647	Correo Stgo 4
189	1648	Correo Stgo 6

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

No	Equipos	Nombre
190	1649	La Plata
191	1650	Alcarraza
192	1651	La Magdalena
193	1652	Correo SB de Mayarí
194	1653	Correo Jutinicu
195	1654	Correo Yerba de Guinea
196	1655	Correo Stgo 2
197	1656	Correo Ti Arriba
198	1657	Correo Ferrando
199	1658	Correo Baraguá
200	1659	La Calabaza
201	1660	Las Cuevas
202	1661	La Isabelita
203	1662	El Ají
204	1663	DPRH
205	1664	Presa Hatillo
206	1665	SB de Mayarí
207	1666	Seboruco
208	1668	La Punta

### Anexo 2 (Fuente). Diseño de la red pluviométrica año 2008

No.	Equipo	Nombre
1	237	Las Pozas
2	263	Los Negros
3	265	Las Bocas
4	279	Correo Cruce Los Baños
5	311	Yaveremos
6	327	Bio Paso
7	332	Guayabero
8	340	Los Pinos
9	363	Maibio
10	364	ETICA
11	396	Correo Común. 21 de Abril
12	400	El Ocho
13	438	Grua Miranda
14	439	Correo J.A. Mella
15	442	Batey Chile
16	444	Tetuán
17	486	Lagunas
18	488	Borgita

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

19	489	Ullao
20	501	Salvador Rosales
21	511	El Tesoro
22	514	Abundancia
23	522	Los Laneros
24	524	Correo La Prueba
25	525	La Maya
26	531	Mata Indio
27	535	Gran Piedra
28	538	Jaguita 1
29	539	San Benito de Mayarí
30	540	La Leonor
31	541	Margarita
32	542	Palmarejo
33	543	Manacal de Matahambre
34	545	Olimpo
35	547	Micaela
36	552	La Manuela
37	555	Rio Arriba
38	561	Aguada
39	753	Minas de Cambute
40	804	San Alejandro
41	812	La Caoba
42	822	Cojimar
43	829	Aeropuerto
44	830	Charco Mono
45	889	Palo Picao
46	890	Alcazar
47	900	Vega Murcia
48	1039	Bahia Larga
49	1040	Boca de Baconao
50	1051	Retiro Verraco
51	1053	Siboney
52	1055	San Jose
53	1058	Buey Cabon
54	1097	Santa Barbara
55	1108	Tumba 7
56	1111	La Cubana
57	1113	Duaba
58	1116	La Tabla
59	1118	Manantuaba

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

60	1151	Rihito
61	1198	La Estrella
62	1200	La Guira
63	1201	Bucuey
64	1205	San Fermin
65	1266	El Macho
66	1270	Potrерillo
67	1278	El Sitio
68	1279	El Ramon
69	1321	Las Vijas
70	1323	Providencia
71	1327	Poza Negra
72	1331	Presa Parada
73	1332	Estación Hidr. Trucucu
74	1334	La Lucha
75	1335	Correo Chivirico
76	1364	Manacal de La Maya
77	1381	La Aduana
78	1382	Jagüey Blanco
79	1396	Lourdes
80	1418	La Concordia
81	1446	San Nicolas
82	1483	Santa Rita
83	1486	Presa Chalons
84	1505	Correo Baire
85	1506	Correo Contramaestre
86	1510	Correo Palmarito de Cauto
87	1511	Correo Palma Soriano
88	1528	Correo Caney
89	1529	Correo El Cobre
90	1533	Correo Los Reynaldos
91	1534	Correo Mayarí Arriba
92	1574	La Victoria
93	1579	Presa Céspedes
94	1580	Presa Gilbert
95	1582	El Francés
96	1586	Las Coloradas
97	1587	Correo El Cristo
98	1622	Correo San Luís
99	1626	Presa Protesta de Baraguá
100	1628	Correo OcujaI

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

101	1631	Correo Uvero
102	1634	Correo Matías
103	1635	Correo Dos Caminos
104	1639	Correo Ingenio Oriente
105	1642	Correo La Maya
106	1643	Santiago 1 (Correo Central)
107	1644	Correo Aserradero
108	1645	Presa Gota Blanca
109	1655	Santiago 2 Correo (C. del Morro)
110	1658	Correo M. de Baraguá
111	1663	Empresa de Aprov. Hidráulico
112	1664	Presa Hatillo
113	1665	Correo San Benito
114	1666	Seboruco
115	1667	Correo Chile
116	1669	Correo Sevilla
117	1671	Accto Tercer Frente
118	1672	Correo Los Negros
119	1673	Empresa Aguas Turquino
120	1674	Los Corralones
121	1675	El Ermitaño
122	1676	Belleza
123	1679	Maguella
124	1680	Puerto Boniato
125	1681	Campo Rico
126	1682	Complejo Hidroenergético
127	1683	Alto La Virgen
128	1684	Accto Songo La Maya
129	1685	Presa Mícará
130	1687	Presa Joturo
131	1688	Presa La Majagua
132	1689	Las Brujas
133	1690	Alcarraza
134	1691	Pico Cuba
135	1692	Los Gallegos
136	1693	Correo Ramón de Guaninao
137	1695	Micropresa Canasí
138	1696	La Quinta
139	1697	Micro Presa La Campana
140	1699	Santiago 4 Correo (Vista Alegre)

## Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas

### Anexo 3(Fuente). Propuesta de diseño red pluviométrica 2019.

Nombre del equipo		N. Control	x	y	Años de observ.	Altitud
Cojimar	INRH	822	576,300	146,800	2	10
Bahía Larga	INRH	1039	554,800	148,400	3	10
Buey Cabón	INRH	1058	591,300	146,000	11	20
El Macho	INRH	1266	481,300	137,700	23	20
Potreriillo	INRH	1270	501,200	142,700	24	30
Las Vijas	INRH	1321	527,600	144,400	31	30
Correo Aserradero	correos	1644	572,100	149,200	54	40
Hidroenergético	Hidrenerg	1682	544,000	147,000	54	40
Alto La Virgen	INRH	1683	525,500	144,900	55	70
Las Brujas	INRH	1689	511,200	144,200	56	80
Alcarraza	INRH	1690	538,500	153,000	57	100
Los Gallegos	INRH	1692	532,700	147,300	58	380
Avispero	INRH	1693	523,5	145,25	-	195
Papayo	INRH	1694	539,01	147,25	-	230
Cueva I	INRH	1696	497,2	144,8	-	250
Las Agujas	INRH	1699	518,1	145,4	-	280
La Cuevita	INRH	1700	548,5	155,2	-	312
El Jobo	INRH	1701	552,25	153,95	-	380
Cachimba	INRH	1704	535,3	146,2	-	1200

# **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**

# **Reevaluación y Diseño en el municipio Guama de las redes pluviométricas**