Universidad Nacional de Ingeniería

Área del Conocimiento de Agricultura

Diseño de un sistema eficiente de captación y utilización de agua pluvial que contribuya al riego sostenible de las áreas verdes en los edificios 27EDF-01 e IES-09 de la Universidad Nacional de Ingeniería

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Químico

Elaborado por:

Br. Brigitt Nicolle Ramírez Masis
Carné: 2017-0569U

Tutor:

MGPD. Silvano Cruz Sánchez

29 de Abril del 2026
Managua, Nicaragua

Universidad Nacional de Ingeniería
Área de Conocimiento de Agricultura
Formas de Culminación de Estudios

REF.DACA.FCE.281.2025
Managua, 27 de agosto del 2025

Bachiller

BRIGITT NICOLLE RAMIREZ MASIS (2017-0569U)

Estimada Bachiller:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRÁFICO**, titulado: **"DISEÑO DE UN SISTEMA EFICIENTE DE CAPTACIÓN Y UTILIZACIÓN DE AGUA PLUVIAL QUE CONTRIBUYA AL RIEGO SOSTENIBLE DE LAS ÁREAS VERDES EN LOS EDIFICIOS 27EDF-01 E IES-09 DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA"** Ha sido aprobado por el Director de Área de Conocimiento de Agricultura.

Asimismo, les comunico estar totalmente de acuerdo, que el**: MGPD. Silvano Cruz Sánchez** sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento final, debidamente revisado por el tutor guía será el **27 de febrero del 2026.**

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,

MSc. José Mamerto Méndez Úbeda
Director de Área de Conocimiento de Agricultura
DACA

C/c: Archivo
Tutor: MGPD. Silvano Cruz Sánchez
MSc. Helia Vanessa Taleno Oporta / Secretaria Académica DACA

Managua, 29 de abril de 2026

MSc. Ing. José Méndez

Director Área de Conocimiento Agricultura

Universidad Nacional de Ingeniería

En sus manos:

Me dirijo a Usted para presentarle el trabajo de monografía titulado “Diseño de un sistema eficiente de captación y utilización de agua pluvial que contribuya al riego sostenible de las áreas verdes en los edificios 27EDF-01 e IES-09 de la Universidad Nacional de Ingeniería” realizado por Bachiller Brigitt Nicolle Ramírez Masis, Carné: 2017-0569U; para optar al título de ingeniería química.

En dicho documento Br. Ramírez aplicó sus conocimientos adquiridos en el programa académico de ingeniería química siguiendo las normativas de nuestra Universidad.

Sin más que agregar, me despido de Usted, muy cordialmente.

Ing. Silvano Cruz Sánchez

Tutor

AGRADECIMIENTO

A Dios, que sin su fortaleza no habría llegado hasta este momento, sólo él sabe el esfuerzo y el anhelo con el que he deseado culminar esta importante etapa de mi formación profesional.

A mis padres, que me han brindado todo el apoyo necesario para llevar a cabo este proyecto que culmino con orgullo y dicha.

A mi tía, por ayudarme a mantenerme firme en mis objetivos, guiándome siempre por el camino correcto.

A mis compañeros de carrera y a los docentes que formaron parte de mi proceso académico, por su acompañamiento y apoyo, por inspirarme a continuar con compromiso y perseverancia en mi formación profesional.

Al Ing. Silvano Cruz por confiar en mis habilidades, brindarme su apoyo y comprometerse con mi proceso de culminación académica. Mi más sincero agradecimiento por su motivación y acompañamiento.

Al equipo de mantenimiento de la Universidad Nacional de Ingeniería, en especial a Don Gary, quien fue una pieza clave en la coordinación de las mediciones de campo realizadas para este proyecto; a Don Filemón, por su constante disposición para colaborar y aportar detalles técnicos relacionados con los sistemas hidráulicos de los edificios; y al Ing. Geovanny Macías, por facilitar los recursos necesarios para la ejecución de las actividades en campo.

Al Ing. Javier Ramírez, por la consultoría técnica brindada durante el dimensionamiento del equipo de bombeo, cuyos aportes fueron de gran valor para el desarrollo del diseño hidráulico del sistema.

A la Ing. Dayra Vargas por su valiosa asesoría técnica y orientación profesional en aspectos relacionados con la evaluación de costos y obras civiles, las cuales fortalecieron el desarrollo técnico del presente estudio.

DEDICATORIA

Le dedico este logro académico a mis padres.

A la memoria de mi papá, el Ing. civil Jairo Francisco Ramírez, quien fue mi mayor inspiración para elegir el camino de la ingeniería y quien anhelaba el día en que pudiera llamarme, oficialmente, ingeniera. Hoy busco honrar su sueño y su legado, aún cuando ya no se encuentre físicamente conmigo.

A mi mamá, la Lic. Johanna Masis, quien ha sido mi sostén y guía a lo largo de este camino. Que su paciencia y amor incondicional sean siempre recompensados y que cada logro llene su corazón de orgullo.

RESUMEN

El aprovechamiento del agua de lluvia constituye una alternativa sostenible para la gestión eficiente del recurso hídrico en contextos urbanos e institucionales, especialmente ante los efectos del cambio climático y la creciente presión sobre las fuentes de agua potable. En este estudio se desarrolló el diseño de un sistema de captación, almacenamiento y utilización de agua pluvial destinado al riego de las áreas verdes de los edificios 27EDF-01 e IES-09 de la Universidad Nacional de Ingeniería, ubicada en la ciudad de Managua, Nicaragua.

La investigación se llevó a cabo mediante un enfoque cuantitativo y descriptivo, utilizando información histórica de precipitación proporcionada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), así como criterios hidráulicos y normativas técnicas para el dimensionamiento de los componentes del sistema. Se evaluó el potencial de captación a partir de las superficies disponibles, el coeficiente de escorrentía y la precipitación efectiva con una probabilidad de ocurrencia del 80 %. Posteriormente, se realizó el balance hídrico comparando la oferta de agua pluvial con la demanda de riego de las áreas verdes, lo que permitió dimensionar el sistema de conducción, almacenamiento, bombeo, equipo hidroneumático y red de riego por aspersión.

Los resultados obtenidos indican que el sistema propuesto es técnicamente viable y capaz de suplir parcialmente la demanda hídrica para riego, contribuyendo a la reducción del consumo de agua potable y de la escorrentía superficial. Asimismo, la calidad del agua de lluvia resultó adecuada para su uso en riego, sin requerir tratamientos complejos. En conjunto, el diseño planteado representa una solución sostenible que fortalece la gestión integrada del recurso hídrico en el campus universitario y puede ser replicada en otras instituciones educativas con características similares.

Palabras clave: cosecha de agua de lluvia, riego de áreas verdes, gestión hídrica sostenible, balance hídrico, diseño hidráulico.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO i
DEDICATORIA ii
RESUMEN iii
I. INTRODUCCIÓN 1
II. OBJETIVOS 3
2.1. Objetivo General 3
2.2. Objetivos específicos 3
III. MARCO TEÓRICO 4
3.1. Oferta de Agua en Nicaragua 4
3.1.1. Precipitación 4
3.1.2. Aguas Superficiales 5
3.1.3. Aguas Subterráneas 5
3.1.4. Agua potable y saneamiento 6
3.1.5. Utilización de agua para consumo humano 7
3.2. Impacto del cambio climático en los recursos hídricos 7
3.3. Cosecha de agua y sus componentes 8
3.4. Dimensionamiento de los componentes de un sistema de cosecha 9
3.4.1. Precipitación anual/local 9
3.4.2. Precipitación aprovechable 10
3.4.3. Área de captación 10
3.4.4. Coeficiente de escorrentía 11
3.4.5. Sistema de distribución 11
3.4.6. Sistema de bombeo 12
3.4.7. Equipo hidroneumático 12
3.4.8. Sistema de almacenamiento 13
3.4.9. Capacidad de almacenamiento óptima 14
3.4.10. Calidad del agua para riego 15
3.4.11. Filtración 16
3.4.12. Tipos de sistemas de cosecha de agua 16
3.5. Usos del agua de lluvia en espacios universitarios 17

3.5.1. Beneficios ecológicos y educativos 17
3.5.2. Aportes al desarrollo sostenible y resiliencia climática 18
3.6. Normativas y políticas sobre manejo de agua en Nicaragua 19
3.6.1. Fortalecimiento de la gobernanza y formación profesional 21
3.6.2. Lineamientos sobre el aprovechamiento de agua de lluvia 21
3.7. Tecnologías de riego 21
3.7.1. Riego localizado 22
IV. METODOLOGÍA 23
4.1. Tipo de estudio 23
4.2. Tipo de enfoque 23
4.3. Ubicación del estudio 23
4.4. Criterios técnicos de diseño de un sistema de cosecha 24
4.4.1. Área de Captación 25
4.4.2. Áreas de riego 25
4.4.3. Precipitación de diseño 27
4.4.4. Precipitación efectiva 29
4.4.5. Volumen de captación 30
4.4.6. Coeficiente de escorrentía 30
4.4.7. Tiempo de Concentración Tc 31
4.4.8. Balance hídrico 32
4.4.9. Demanda de agua para riego (tipo de cultivo o área verde) 33
4.4.10. Conducción del agua al depósito de almacenamiento 34
4.4.11. Diseño de tuberías 35
4.4.12. Tanque de almacenamiento 36
4.4.13. Diseño del Sistema de riego 37
4.4.14. Diseño del sistema de Bombeo 40
4.4.15. Dimensionamiento del Tanque Hidroneumático 42
4.5. Tratamiento del agua de lluvia 44
4.6. Materiales y costos del sistema 44
V. DISCUSIÓN Y RESULTADOS 45
5.1. Captación para la recolección de agua de lluvia 45
5.1.1. Cálculo de precipitación de diseño 45

5.1.2. Precipitación efectiva 47
5.1.3. Escorrentía 47
5.1.4. Tiempo de concentración 47
5.1.5. Área de Captación 48
5.1.6. Conducción de agua al depósito de almacenamiento 48
5.1.7. Volumen de Captación 50
5.1.8. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento 50
5.2. Diseño del sistema de riego 52
5.2.1. Balance hídrico 52
5.2.2. Demanda de agua para riego 53
5.2.3. Cálculo de Caudal de Riego 54
5.2.4. Intensidad de aplicación 55
5.3. Tiempo de riego 56
5.4. Diseño hidráulico 57
5.4.1. Tubería principal y laterales 57
5.5. Diseño del sistema de Bombeo 57
5.5.1. Cálculo de pérdidas de energía 57
5.5.2. Carga Total Dinámica de la Bomba 58
5.5.3. Potencia de la Bomba 58
5.5.4. Dimensionamiento del tanque hidroneumático 60
5.6. Tratamiento de agua de lluvia 60
5.7. Costos y Presupuesto 61
VI. CONCLUSIONES 63
VII. RECOMENDACIONES 64
VIII. BIBLIOGRAFÍA 65
ANEXOS i

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado Sanitario .. 6
Tabla 2. Consumo de agua en litros por personas y animales 7
Tabla 3. Estructuras de almacenamiento 14
Tabla 4. Áreas verdes por edificio en metros cuadrados 27
Tabla 5. Precipitación anual acumulada en el período del 2014-2024 Managua, Nicaragua 28
Tabla 6. Probabilidad de ocurrencia de precipitación de lluvia acumulada Periodo (2014-2024) 29
Tabla 7. Coeficientes de escorrentía [C] en diferentes superficies y coberturas 31
Tabla 8. Valores de Cr según el tipo de superficie 32
Tabla 9. Velocidades de flujo recomendadas para sistemas especializados 40
Tabla 10. Precipitación media mensual con probabilidad de ocurrencia 75% en mm. 45
Tabla 11. Probabilidad de ocurrencia acumulado anual, período (2014-2024). 46
Tabla 12. Valores de precipitación P50, P75 y P80 en mm mes-1 46
Tabla 13. Precipitación efectiva mensual (mm)..... 47
Tabla 14. Tiempo de concentración de lluvia en los edificios 27EDF-01 e IES-09 48
Tabla 15. Cálculo de áreas de edificios 27EDF-01 e IES-09 48
Tabla 16. Requerimiento de accesorios para Tramo de tubería de 4 plg- Edificio 27EDF-01 48
Tabla 17. Requerimiento de accesorios para Tramo de tubería de 3 plg- Edificio IES-09 49
Tabla 18. Resultados de Dimensionamiento de Cisternas rectangulares para los edificios 51
Tabla 19. Precipitación recibida por el suelo considerando Evapotranspiración periodo (2014-2024) 52
Tabla 20. Necesidad de agua para riego por mes. Periodo (2014-2024)..... 53
Tabla 21. Volumen de riego según necesidades de cultivo 54
Tabla 22. Cálculo de Caudal de riego edificio IES-09 54
Tabla 23. Cálculo de Caudal de riego edificio 27EDF-01..... 55
Tabla 24. Intensidad de aplicación para los edificios 27EDF-01 e IES-09 55
Tabla 25. Cálculo del volumen de riego para los edificios seleccionados..... 56
Tabla 26. Determinación de capacidad de riego 56
Tabla 27. Dimensionamiento de tuberías para edificios seleccionados 57
Tabla 28. Cálculo de pérdidas totales del sistema 58
Tabla 29. Cálculo de Carga Total Dinámica del sistema..... 58
Tabla 30. Cálculo de Potencia real de la Bomba 59
Tabla 31. Cálculo de NPSHa de Bombas – Edificio IES-09..... 59
Tabla 32. Cálculo de NPSHa de Bombas – Edificio 27EDF-01..... 59
Tabla 33. Dimensionamiento de Tanque Hidroneumático 60

Tabla 34. Lista de materiales del sistema de cosecha de agua 61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de captación y almacenamiento de agua de lluvia 9
Figura 2. Diagrama de cálculo para Diseño de Riego 24
Figura 3. Zona de Riego-Edificio IES-09 25
Figura 4. Zona de Riego-Edificio 27EDF-01 26
Figura 5. Plano de bajantes pluviales (X) Edificio 27EDF-01 e IES-09..... 35
Figura 6. Distribución de aspersores 38

I. INTRODUCCIÓN

Nicaragua es un país con una notable riqueza hídrica, contando con una disponibilidad de 38,668 m³ per cápita por año (FAO-Aquastat, 2003). No obstante, su alta exposición al cambio climático lo posiciona como una nación vulnerable. El Índice de Riesgo Climático Global (IRC), Nicaragua ocupa el sexto lugar a nivel mundial entre los países más afectados por este fenómeno.

A pesar de esta disponibilidad, el país enfrenta problemas en la gestión del recurso hídrico debido a la contaminación de fuentes y la variabilidad climática, lo que ha generado condiciones de escasez en diversas regiones (International Water Management Institute, 2007). Esta situación se acentúa en zonas como el el corredor seco, donde la disminución de las precipitaciones asociada a fenómenos climáticos impacta la seguridad hídrica y productiva (Global Water Partnership, 2022).

En este contexto, el problema de estudio se centra en el uso ineficiente del agua potable en la Universidad Nacional de Ingeniería, donde el riego de áreas verdes depende exclusivamente de este recurso, a pesar del potencial para aprovechar el agua de lluvia. La infraestructura del campus favorece la generación de escorrentía que actualmente no es utilizada, evidenciando una oportunidad para implementar alternativas sostenibles.

En Nicaragua se han implementado proyectos que responden a la necesidad de optimizar los recursos hídricos en el país, como lo es el proyecto “El grial de la agricultura ecoeficiente” en el cual para enfrentar los efectos negativos de la sequía en Centroamérica, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), pusieron en práctica un proyecto cofinanciado por el Fondo Común para los Productos Básicos en Nicaragua y México durante cuatro años (2008-2012), que buscaba introducir y promover la “Cosecha de agua” como práctica de adaptación al cambio climático y como una alternativa económica y sostenible de producción continua al transformar sistemas de secano a riego en áreas secas, aprovechando la escorrentía del agua de lluvia. (FONTAGRO, 2015)

Este proyecto dio como resultado la disminución del riesgo económico y el aumento en los ingresos familiares se dieron en gran medida a la producción competitiva y continua de granos básicos. Para el caso del maíz, los rendimientos aumentaron de 2,8 a 8,5 toneladas por hectárea; para el caso del arroz, hubo un aumento promedio de 3,5 a 8,8 toneladas por hectárea, y en el frijol se obtuvieron incrementos de 0,7 toneladas adicionales por hectárea, respecto a los rendimientos tradicionalmente obtenidos por los agricultores en secano. (FONTAGRO, 2015).

Las investigadoras Geryll Palacios y Yorlin Vásquez Otero en el año 2014 estudiaron “Evaluación de los sistemas de captación de agua de lluvia en el casco urbano de Matagalpa, 2013” en el que determinaron en la zona de Matagalpa que la escasez en barrios del caso urbano requería de una alternativa para abastecerse en el que determinaron que el 53% captan de la población captaba agua de lluvia del techo de sus viviendas. (Palacios & Vázquez, 2014)

Por otra parte, los investigadores Ayala et al. (2024) de la Universidad Nacional Agraria en el año 2024 han publicado un “Manual técnico sobre la cosecha de agua como práctica agroecológica” que sirve como referente para el proceso y aplicación de la cosecha de agua en variedad de contextos agrícolas y condiciones ambientales.

Diversas investigaciones han demostrado la efectividad de la cosecha de agua como estrategia de adaptación al cambio climático y optimización del recurso hídrico, con resultados positivos en la productividad y resiliencia de los sistemas. No obstante, su aplicación en entornos institucionales urbanos sigue siendo limitada.

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo diseñar un sistema de cosecha de agua de lluvia para el riego de áreas verdes en la Universidad Nacional de Ingeniería, contribuyendo a la reducción del consumo de agua potable y promoviendo el uso eficiente del recurso. Este proyecto posee relevancia práctica al proponer una solución viable, sostenible y replicable.

Finalmente, el estudio se limita al diseño del sistema, considerando condiciones actuales de infraestructura y datos climáticos disponibles, sin contemplar su ejecución, lo que puede influir en la validación de los resultados en condiciones reales.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de captación, almacenamiento y utilización de agua pluvial destinado al riego eficiente de las áreas verdes en los edificios 27EDF-01 y IES-09 de la Universidad Nacional de Ingeniería, promoviendo la sostenibilidad ambiental y el aprovechamiento de recursos hídricos alternativo.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el potencial de captación de agua pluvial disponible en los edificios 27EDF-01 e IES-09 considerando datos históricos de precipitación y superficies disponibles.
- Diseñar un sistema de recolección y almacenamiento de agua pluvial en los edificios 27EDF-01 e IES-09 de la Universidad Nacional de Ingeniería, mediante el dimensionamiento hidráulico y funcional de los componentes de captación y almacenamiento, con el propósito de disponer de una fuente alternativa para el riego de áreas verdes.
- Proponer un sistema de distribución y utilización del agua pluvial previamente recolectada en los edificios 27EDF-01 e IES-09 y almacenada, a través del diseño hidráulico y funcional de sus componentes de tratamiento y aplicación, con el fin de garantizar un riego eficiente y sostenible en las zonas verdes aledañas.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Oferta de Agua en Nicaragua

3.1.1. Precipitación

Nicaragua se encuentra la mayor parte del año bajo influencia de los vientos Alisios, los cuales son provenientes de los anticiclones subtropicales de las azores y Bermudas, estos se caracterizan por ser constantes, de poca variabilidad y tienen la particularidad de arrastrar masas de aire húmedo del mar Caribe hacia el interior del país. Este viento es cálido y húmedo, el cual penetra por la vertiente del Atlántico hacia la vertiente del Pacífico, ejerciendo un efecto importante sobre el estado del tiempo y clima del país.

Cabe mencionar que los principales sistemas meteorológicos que forman el clima de Nicaragua se agrupan en:

- Sistemas de Macroescala, como los Anticiclones Continentales de Norteamérica, los Anticiclones Océanicos de los Azores, la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), los ciclones tropicales y el fenómeno de El Niño, oscilaron del Sur (ENSO).
- Sistemas de Macroescala como las Ondas Tropicales, celdas convectivas y las Vaguadas.
- Sistemas locales, brisa marina y ondas de montaña.

Las precipitaciones en el país varían de menos de 800 mm en las zonas más secas a 5000 mm y más en la zona húmeda. Cabe mencionar que estas precipitaciones pueden registrarse en cualquier mes del año, pero la mayor cantidad cae entre mayo y noviembre que se considera la temporada lluviosa. La disponibilidad del recurso cuenta con una condición básica de precipitación media anual de 2391mm (INETER, 1997).

En la Región del pacífico y en gran parte de la Región Norte y Central, existen dos estaciones bien marcadas, la estación lluviosa se extiende desde mayo a octubre y la estación seca de noviembre a abril, mientras que en la Región Atlántica y en los territorios que se encuentran en las pendientes del Este del macizo montañoso central, precipita en el transcurso de todo el año. (INETER.GOB, s.f.)

En la Región del Pacífico la cantidad anual de precipitación oscila entre 1000 mm y 2000 mm. En la mitad del período lluvioso (julio - agosto), se observa un mínimo estival conocido popularmente como "Canícula". El período canicular se manifiesta principalmente en la Región del Pacífico, en la región Norte y en la parte Noroeste de la Región Central, iniciándose generalmente en la tercera decena de julio y finalizando en la segunda decena de agosto. Existen localidades críticas, donde la duración del período canicular se extiende algunas veces hasta los 80 y 100 días (llano de Sébaco, zona Norte del Lago de Managua, Malpaisillo, Nagarote, León, San Francisco del Carnicero, etc.). (INETER.GOB, s.f.)

En la región norte y central la precipitación anual oscila de 800 mm en los valles intramontanos a 2500 mm, en las pendientes orientales de las cordilleras. (INETER.GOB, s.f.)

Mientras que en las Regiones Autónomas del Caribe se caracterizan por ser las más húmedas; aquí la cantidad anual de precipitación se encuentra en el rango de los 2500 mm en su parte Norte, hasta más de 5000 mm en el extremo Sureste. Las cantidades máximas de precipitación, se registran en los meses de julio y agosto y las mínimas entre marzo y abril.

3.1.2. Aguas Superficiales

Nicaragua se divide en 21 cuencas hidrográficas de primer orden, las cuales, se subdividen en 13 cuencas de la vertiente del Atlántico y 8 cuencas de la vertiente del Pacífico. La red hidrográfica está determinada por el relieve de la zona y sus características climáticas. Cabe destacar que los ríos de la vertiente del Atlántico son sinuosos y caudalosos mientras que los del Pacífico presentan una configuración más suave y de alta permeabilidad, la mayoría son estacionales.

La distribución de las aguas superficiales a lo largo del territorio es desigual. La mayor parte se concentra en la vertiente del Atlántico, donde se estima una disponibilidad media de agua de 105,442.46 Mm3. En contraste, la disponibilidad en la vertiente del Pacífico es de 630.55 mm^3 (PHIPDA, 2003).

Cabe mencionar que estudios preliminares delimitaron que el 93% de las aguas superficiales se encuentran en la zona Atlántico con volumen de escurrimiento estimado en 48,404 mm^3/ año y en el pacífico 3749 mm^3/año. (AECID, 2012)

3.1.3. Aguas Subterráneas

La principal fuente de agua potable es el agua subterránea representando el 70 % del total. La recarga subterránea ha sido evaluada en detalle solamente en la vertiente del Pacifico donde la cuenca 64 Entre Volcán Cosiguina y río Tamarindo se destaca por mayores volúmenes de recarga. La disponibilidad se encuentra afectada por problemas de calidad de agua en todo el país. Actualmente la disponibilidad es suficiente para cubrir la demanda existente; sin embargo, existen contradicciones en la distribución de la infraestructura de suministro que podrían causar problemas en el futuro bajo condiciones del cambio climático. 86% de la población se ubica en la vertiente del Pacífico (INIDE, 2006) donde hay solamente 6% del agua superficial. Las estrategias de extracción han priorizado el uso de agua subterránea que representa 70% de abastecimiento de agua potable. (AECID, 2012)

3.1.4. Agua potable y saneamiento

A finales del año 2022 se totalizaba una cobertura de servicios equivalente al 71.7% de la población total. En el área urbana alcanzaba a 2.8 millones de habitantes que equivale al 90% del total urbano, mientras que en el área rural la población con acceso al agua potable es de un millón de habitantes que representa el 46.6%. El servicio de alcantarillado solamente está limitado a 29 ciudades de tamaño grande e intermedio. (GWP-CA, 2006)

Se presenta la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario por región geográfica en la **Tabla 1**. Se puede observar que la mayor cobertura se encuentra en el Pacífico ya que se concentra la mayoría de la población. En contraste en la región Atlántica, prácticamente solo una de cada dos personas del área urbana y una de cada cuatro personas del área rural, tiene acceso al servicio de agua potable.

Tabla 1.

Cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado Sanitario

Concepto	**Población total**	**Población servida Agua potable**		**Población servida Servicio alcantarillado**	
		N°Habs	%	N°Habs	%
Nacional	5,432,070	3,830,024	71.7	1,024,867	19.2
Área urbana	3,090,047	2,780,906	90.0	1,024,867	32.7
Área rural	2,252,023	1,049,116	46.6	-	-

Nota. Gerencia de Planificación ENACAL**.** Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada pág. 68. Asociación Mundial para el agua, Capítulo Centroamérica, (GWP-CA, 2006)

3.1.5. Utilización de agua para consumo humano

Para la demanda de agua anual de uso doméstico y consumo humano se estima de 100 y 1.5 litros diarios por persona respectivamente según López et al., (2017). En la **Tabla 2** se presenta a detalle el consumo de agua en litros por personas y animales.

El agua adecuada para beber se llama agua potable, y aunque contiene algunos sólidos disueltos, son de tipo y concentración tal que no representan riesgos para la salud de acuerdo a Herrera (2007, citado por Palacios y Vázquez, 2014).

Tabla 2.

Consumo de agua en litros por personas y animales

Tipo de consumo	Cantidad de agua (litros/día)
Consumo por persona	80
Para cocina	15
Para aseo	45
Para sanitarios	20
Consumo para animales	
Caballo, yegua, mula o macho	45
vaca lechera	45
Cerdo	15
oveja y cabra	8
Para 1000 gallina	15
Para 100 Pavos	30

Nota. Cosecha y almacenamiento de aguas lluvia, Chile. Diplomado Tecnologías para mejorar la producción y productividad agropecuaria en tecnologías de producción agropecuarias. Módulo III. Tecnologías para la nutrición vegetal, animal y la reforestación pág. 6. (Gallardo, 2002 retomado por Martínez y Martínez, 2022)

3.2. Impacto del cambio climático en los recursos hídricos

A pesar de que el panorama nacional sobre la disponibilidad de agua en el país es prometedor, Nicaragua tiene problemas de acceso a la misma debido a que esta es estacionalmente dependiente, además de la geografía desigual de las aguas superficiales y que, de acuerdo con INAS (2012, pág.364) el acceso a las aguas superficiales se encuentra limitado por la contaminación de la misma.

Es por esto que se han aprovechado las aguas subterráneas que se encuentran en el Pacífico del país. De acuerdo con Vammen y Hurtado (2010, pág. 15), el 70% del agua que se extrae en Nicaragua proviene de fuentes subterráneas mientras que solamente el 30% proviene de fuentes superficiales o sub superficiales. (Rodríguez, 2016)

Aunque se cuenta con una recarga subterránea suficiente para cubrir la demanda de la población hay contradicciones en la distribución de la infraestructura de suministro que podría causar problemas en el futuro bajo las condiciones del cambio climático, ya que la mayoría de la población se encuentra en el Pacífico

del país (INIDE, 2006) donde solamente se encuentra el 6% de las aguas superficiales.

Es importante mencionar que el país no se encuentra preparado para los efectos del cambio climático. En ese sentido, en los últimos años, los eventos climáticos extremos han aumentado su frecuencia e intensidad, afectando de acuerdo a estadísticas nacionales a 1,6 millones de personas a través de la exposición de huracanes y sequías extremas, esta última principalmente en el corredor seco nicaragüense (INETER, 2018).

Debido a las emisiones de gases el país sufriría una afectación en las precipitaciones al año 2100 ya que se podría haber una disminución en un 15% al 35%, teniendo profundas afectaciones en la seguridad hídrica de las comunidades más vulnerables. (CEPAL, 2011 retomado por Global Water Partnership, 2022)

3.3. Cosecha de agua y sus componentes

La cosecha de agua según Herrada (2021) en el proyecto JICA Suma Uma se definió como la captación de aguas de lluvia mediante construcciones de reservorios de agua evitando su escurrimiento y pérdida innecesaria. Esto con el propósito de almacenarla directamente para su posterior aprovechamiento.

De la misma forma Martínez y Martínez (2022) conceptualizaron la cosecha de agua como la captación, conducción y almacenamiento de agua proveniente de las precipitaciones para nuestro país en forma líquida.

La cosecha de agua es una actividad que consiste en la unificación de una serie de medidas y de acciones orientadas a la captación y almacenamiento de agua para usos múltiples durante un mayor periodo, entre estos la agricultura, ganadería, industria, doméstica y de uso humano. (MARENA, 2011, citado por Palacios y Vázquez, 2014)

Los sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia según Nickisch et al. (2018) constan de los siguientes elementos: Área de captación, Sistema de canaletas y bajadas, Sistema de prefiltrado, Sistema de filtrado, Depósito de almacenamiento, Mecanismo de bombeo para extraer agua, Tratamiento microbiológico.

Se presentan en la **Figura 1.** los principales componentes de los sistemas de captación.

Figura 1.

Elementos de captación y almacenamiento de agua de lluvia



Nota. Manual técnico de cosecha de agua como práctica agroecológica. Universidad Nacional Agraria (CIRA 2023 citado por Ayala Flores et al., 2024)

3.4. Dimensionamiento de los componentes de un sistema de cosecha

En el ámbito nacional, esta tecnología se ha implementado con sus elementos más esenciales: el área de captación, el sistema de distribución y el tanque de almacenamiento.

3.4.1. Precipitación anual/local

El investigador Van (s.f., citado en Anaya 1994) de la FAO determinó que la precipitación es uno de los factores que deben ser analizados para definir si es factible o no realizar obras de captación de agua. Los datos importantes se obtienen de las estaciones meteorológicas que cuenten con datos de precipitación mensual de por lo menos diez años.

Las características de la lluvia más importantes para determinar la cantidad son la intensidad, duración y distribución de la precipitación. Es por esto que es importante que se utilicen los datos históricos de precipitaciones anuales o mensuales y para aumentar la confiabilidad de los datos se podría calcular la probabilidad de la precipitación y cuando se tiene como destino el riego se puede calcular la precipitación efectiva.

La precipitación en zonas áridas según Reij et al (1988 retomado por Van, s.f.), es tan errática, que sería mejor utilizar como requisito mínimo para la captación de agua de lluvia una precipitación media anual de 100-200 mm para obras grandes y de 500-600mm para obras pequeñas.

Para el análisis de las precipitaciones pluviales más que el volumen lo más importante son las características que presenta la lluvia como son la frecuencia, duración e intensidad.

La frecuencia de precipitación se refiere a la periodicidad estadística promedio con la que se espera que ocurran eventos de lluvia con características similares en cuanto a intensidad y duración (Colegio de Postgraduados, 1991). No obstante, establecer requisitos mínimos en función de esta frecuencia resulta complejo en el contexto del diseño de sistemas de captación de agua de lluvia, ya que estos dependen de múltiples factores adicionales.

Por otra parte, la duración e intensidad de las precipitaciones son determinantes clave en la generación de escorrentía superficial. Este fenómeno ocurre únicamente cuando se supera un umbral específico, ya sea porque la intensidad del aguacero sobrepasa la capacidad de infiltración del suelo, o porque la combinación de intensidad y duración excede la capacidad de retención hídrica del mismo. Este umbral es variable y depende directamente de las propiedades del suelo.

La intensidad de la lluvia se define como la relación entre la cantidad total de precipitación (lámina de agua) y el tiempo durante el cual ocurre, expresándose comúnmente en milímetros por hora (mm/h). Para su análisis, esta se calcula en distintos intervalos y para diversos períodos temporales. El instrumento especializado utilizado para registrar tanto la intensidad como la duración de los eventos pluviales es el pluviógrafo.

3.4.2. Precipitación aprovechable

Las precipitaciones que pueden ser aprovechadas para los proyectos de captación de agua de lluvia deben de estudiarse minuciosamente con datos de más de 10 años proporcionados por la estación meteorológica de la localidad. Sin embargo, la estimación del valor promedio es un valor de poca efectividad porque la precipitación que realmente ocurre cada año para el mes considerado, el 50% de las veces excede el promedio (excedencia de 50% o también conocido como P50) y es menor el 50% de las veces.

En localidades donde la variabilidad de la precipitación es elevada, no se recomienda utilizar el valor promedio, es más adecuado utilizar un valor cuya probabilidad de ocurrir sea mayor que el 50% (por ejemplo 75% o más) dependiendo de las características locales de la precipitación.

Es por esto que los investigadores López et al. (2017) para el diseño de lluvia de diseño estimaron la precipitación neta con un 75% de ocurrencia de lluvia usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov, definida por Aparicio (2010) y la prueba de Smirnov reportada por Ortiz (2011) y retomada por los investigadores.

3.4.3. Área de captación

El área de captación es el lugar donde se recolecta el agua de lluvia, y puede consistir en un techo, una superficie pavimentada o una extensión de suelo debidamente acondicionada. (FAO, 2013)

La mayoría de los sistemas utilizan la captación en techos, los cuales deben tener una pendiente (no inferior al 5%) y superficie que faciliten el escurrimiento del agua lluvia hacia el sistema de recolección.

Los materiales utilizados en la construcción de techos pueden incluir tejas de arcilla, madera, paja, cemento, entre otros. Entre ellos, los techos de cemento y de teja son los más comunes, ya que ofrecen buena durabilidad, un costo relativamente accesible y permiten captar agua de lluvia de calidad aceptable. En cambio, los techos que contienen compuestos de asfalto, amianto o aquellos que han sido pintados no se recomiendan para la recolección de agua destinada al consumo humano, debido a que pueden liberar (lixiviar) sustancias tóxicas al agua de lluvia. (Aráuz Vargas, Siles Bucardo, & Castro Gutierrez, 2021)

3.4.4. Coeficiente de escorrentía

Es la fracción de la lluvia que fluye superficialmente sobre una superficie en forma de escorrentía. En el caso de los techos, una parte del agua de lluvia recolectada se pierde debido a factores como la infiltración —dependiendo del tipo de material de la cubierta—, la evaporación o las salpicaduras. Estas pérdidas se representan mediante el coeficiente de escurrimiento o coeficiente de escorrentía, el cual siempre es menor que uno y varía en función de las propiedades específicas del material del techo. (Zelaya, 2018)

3.4.5. Sistema de distribución

El sistema de distribución, por su parte, está compuesto por tubos, canaletas y otros dispositivos que conducen el agua recolectada desde el área de captación hasta el tanque de almacenamiento; estos sistemas pueden ser canales abiertos o tuberías cerradas.

Las canaletas son elementos instalados firmemente en los bordes más bajos del techo, donde se acumula inicialmente el agua de lluvia captada. Su función principal es recolectar y conducir esta agua hacia el sistema de bajantes o tuberías pluviales, permitiendo su transporte hasta el tanque de almacenamiento. Estas canaletas deben contar con una sección transversal adecuada, la cual debe calcularse en función del volumen de agua que se espera transportar.

Para garantizar un flujo eficiente, deben instalarse con una pendiente moderada que facilite el desplazamiento del agua sin provocar desbordamientos además se debe tener en cuenta el volumen de agua para lavar el techo y que se estima 1 litro por m^2 de techo, es decir que la capacidad de conducción de una canaleta debe de ser no mayor de 1.00 m/s.

El material utilizado debe ser liviano, resistente al agua y fácil de ensamblar para minimizar las fugas; entre los materiales comúnmente empleados se encuentran el bambú, la madera, el metal y el PVC. Se recomienda que el ancho de las canaletas oscile entre un mínimo de 75 mm y un máximo de 150 mm, dependiendo de las necesidades del sistema. (Aráuz et al., 2021)

3.4.6. Sistema de bombeo

Las bombas se utilizan para impulsar líquidos que se transportan a través de sistemas de tuberías, deben entregar el caudal deseado del fluido mientras transmite al mismo la energía cinética necesaria para vencer la carga dinámica total requerida, equivalente a la suma de las cargas por cambios de elevación, cargas por diferencias de pérdidas de presión, cargas de velocidad y, por último, todas las pérdidas de energía ocurridas en el sistema. (Mott, 2015)

Dentro de los parámetros que intervienen en la selección de una bomba según Mott (2015) se debe considerar:

- La naturaleza del líquido a bombear.
- La capacidad requerida (rapidez del flujo volumétrico).
- Las condiciones presentes del lado de la succión (entrada) de la bomba.
- Las condiciones presentes en la descarga (salida) de la bomba.
- La carga total de la bomba.
- El tipo de sistema al que la bomba le entrega el fluido.
- El tipo de fuente de energía (motor eléctrico, motor diesel, turbina de vapor, etc.)
- Las limitaciones del espacio, peso y posición.
- Las condiciones ambientales, códigos de gobierno y normas.
- Los costos de compra e instalación de la bomba.
- El costo operativo de la bomba.
- El costo de ciclo de vida total para el sistema de bombeo.

Cuando el sistema distribuye desde una unidad de almacenamiento se le denomina al sistema tanque-bomba-red al cual se le puede agregar una batería de tanques presurizados o hidroneumáticos para ayudar a mantener las presiones deseadas en la red, el cual se puede llamar sistema hidroneumático. (Zelaya, 2018)

3.4.7. Equipo hidroneumático

Un equipo hidroneumático es un sistema diseñado para mantener una presión constante en redes de distribución de agua, compuesto por bombas, tanques presurizados, presostatos, tablero de control, tuberías, válvulas y accesorios. Funciona automáticamente y se basa en la compresibilidad del aire para almacenar presión y suministrar agua con flujo constante.

Dentro de los componentes principales según Zelaya (2018) se encuentran:

- **Tanque presurizado:** Almacena agua bajo presión; su tamaño debe dimensionarse según la frecuencia de encendido de la bomba (idealmente 4–6 veces por hora).

- **Interruptor eléctrico:** Detiene el sistema cuando no hay agua en el tanque de almacenamiento.
- **Válvula de alivio:** Libera el aire atrapado o ingresa aire para evitar sobrepresiones o vacío en el sistema.
- **Válvula de retención:** Evita el retroceso del flujo de agua en las tuberías.
- **Llaves de paso:** Permiten regular o interrumpir el flujo de agua entre el tanque, la bomba y el sistema de distribución.
- **Manómetro:** Indica la presión del sistema y ayuda a calibrar el funcionamiento automático.
- **Presostato (interruptor de presión):** Controla el encendido y apagado de la bomba según los niveles de presión mínima y máxima.

3.4.8. Sistema de almacenamiento

El tanque de almacenamiento, tal como señalan Ayala Flores et al. (2024), es el componente donde se acumula el agua captada para su posterior uso. En las estructuras de almacenamiento se debe considerar:

- El uso que tendrá el agua almacenada, si es para riego o uso doméstico
- El área de captación y cantidad de lluvia que cae en la zona o lugar

Además, se han desarrollado múltiples estructuras y técnicas de recolección de agua por escorrentía, entre las que destacan los *reservorios* revestidos con plástico o arcilla, que se construyen en zonas bajas donde confluyen escurrimientos superficiales, y las *lagunetas*, con mayor capacidad de almacenamiento, útiles para riego y abrevaderos. También se implementan *micropresas desmontables* con sacos de arena y plástico o piedra bolón, que permiten retener agua en cauces temporales.

Otras técnicas incluyen *zanjas de infiltración* y *acequias construidas en curva a nivel*, que canalizan y permiten la infiltración del agua; *diques de infiltración* en forma de medialuna, que retienen escorrentías y mejoran la fertilidad del suelo; y prácticas como el *bacheo*, que utiliza surcos y compartimentos para capturar agua en terrenos con pendientes. Estas estrategias permiten un aprovechamiento más eficiente y sostenible del recurso hídrico en zonas vulnerables a la variabilidad climática.

En el diseño se deben cumplir ciertas especificaciones según Aráuz et al. (2021) que incluyen:

- Estructura impermeable para evitar la pérdida por goteo o transpiración
- Reservorio de no más de 2m de altura para evitar sobrepresiones
- Disponer de escotilla con tapa lo suficientemente grande para que permita el ingreso de una persona para limpieza y reparaciones necesarias.
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.

- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y drenaje.

3.4.9. Capacidad de almacenamiento óptima

Los sistemas de captación de agua de lluvia requieren de una estructura para almacenar el agua captada como se había mencionado anteriormente. Es por esto que existen criterios para la selección de la estructura de almacenamiento los cuales según la FAO (2013) son los siguientes:

- Responde a las necesidades del tipo de uso previsto (doméstico, animal o vegetal) en términos de volumen almacenado y de calidad de agua requerida en cada caso.
- Permite mantener, alterar mínimamente y ser capaz hasta de mejorar la calidad del agua captada, por medio de sistemas de filtro, decantación u otro mecanismo.
- Es segura y ofrece facilidades de manejo y mantenimiento.
- Es de bajo costo y fácil de construir, de tal forma que puede ser asumida por la población afectada por la escasez de agua.

Se propone la relación entre finalidad de uso, tipo de captación y estructura de almacenamiento para agua de lluvia.

Tabla 3.

Estructuras de almacenamiento

Finalidad de uso	Tipo de captación	Estructura de almacenamiento
Consumo doméstico	Cosecha de agua de los techos	Cisternas y estanques de hormigón
		Tanques de PVC u otros materiales barriles
Consumo animal	Cosecha de agua de los techos, patios y macrocaptación	Cisternas
		Estanques (trinchera, piedra, hormigón) Presas y embalses
Consumo vegetal	Captación de agua en el terrreno (microcaptación)	Surcos o zanjas
		Camellones o bordos
		bancales
Consumo vegetal y animal	Captación externa de agua y conducción hacia el terreno (macrocaptación)	Presas y embalses
		Cisternas o tanques de transición

Nota. Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe (FAO, 2013).

La escorrentía que proviene de los techos es normalmente más limpia por lo que se recomienda el almacenamiento en cisternas o estanques cerrados. Su utilización prioritaria debe ser el consumo doméstico, consumo animal en segunda

instancia y en última opción consumo vegetal en pequeña escala. Este sistema de almacenamiento es necesario en regiones semiáridas con lluvias intensas ocasionales o en regiones subhúmedas, donde hay suficiente agua pero es interrumpido por periodos secos.

Las principales causas de pérdida de agua durante el almacenamiento son diversas. La evaporación ocurre en estructuras abiertas que dejan expuesta la superficie del agua al aire, la cual puede ser considerable en zonas áridas y semiáridas. La infiltración se presenta cuando las paredes, fondos o bordes de la estructura están formados por materiales porosos que permiten el paso del agua. También se producen pérdidas por escapes, ya sea por defectos en los revestimientos debido a una mala calidad de los materiales, falta de mantenimiento o fallas constructivas. Además, los errores de diseño pueden ocasionar que el sistema de captación supere la capacidad de almacenamiento o que la estructura no esté correctamente construida, impidiendo así el aprovechamiento total del agua.

3.4.10. Calidad del agua para riego

Hay sistemas que constan de un cuarto componente que incluyen instrumentos de tratamiento como filtros y desinfección para mejorar la calidad del agua recolectada antes de su uso. Estos sistemas pueden incluir sistemas de distribución como bombas, tuberías y aspersores, para transportar el agua almacenadas hasta los puntos de uso.

El agua destinada al riego agrícola debe cumplir ciertos parámetros fisicoquímicos para asegurar la salud de los cultivos y la conservación del suelo. Uno de los parámetros más importantes es el pH, que idealmente debe estar entre 6.5 y 8.4 para garantizar una buena disponibilidad de nutrientes y evitar problemas de corrosión o toxicidad. Un pH fuera de este rango puede afectar negativamente la absorción de minerales por las plantas.

La conductividad eléctrica (CE) es otro parámetro clave, ya que mide la concentración total de sales disueltas en el agua. Un valor menor a 0.7 dS/m se considera seguro para la mayoría de los cultivos mientras que valores entre 0.7 y 3 dS/m pueden ser tolerables dependiendo del tipo de planta. Niveles superiores a 3 dS/m representan un riesgo por alta salinidad, lo que puede dificultar la absorción de agua y nutrientes.

La relación de adsorción de sodio (RAS o SAR) es esencial para evaluar el riesgo que tiene el sodio en el agua para afectar la estructura del suelo. Un SAR menor a 3 es ideal, mientras que valores entre 3 y 9 son moderadamente aceptables. Valores mayores indican riesgo de sodificación, que puede disminuir la permeabilidad del suelo y afectar el desarrollo radicular.

Otros parámetros relevantes incluyen la concentración de bicarbonatos, cloruros, y boro. El bicarbonato debe mantenerse en niveles bajos para evitar la formación de incrustaciones en el sistema de riego. Los cloruros en exceso pueden ser

tóxicos para ciertos cultivos y deben estar por debajo de 70 mg/L para ser considerados seguros. El boro, aunque es un micronutriente esencial, puede volverse tóxico cuando supera concentraciones de 1 mg/L.

Finalmente, es crucial controlar la presencia de metales pesados como arsénico, cadmio, plomo y cobre, que deben estar en concentraciones muy bajas o nulas para evitar la fitotoxicidad y contaminación del suelo y las plantas. También se recomienda analizar la turbidez y sólidos suspendidos, para evitar obstrucciones en los sistemas de riego, y la dureza del agua, que puede causar incrustaciones si es muy alta. (Ayers y Westcot, 1985)

3.4.11. Filtración

El proceso de filtración según Zelaya Carrero (2018) elimina partículas y microorganismos que no fueron retenidos inicialmente, además de mejorar las propiedades organolépticas del agua de lluvia mediante contacto con antracita o carbón activado. Para aguas de lluvia, que generalmente tienen baja turbidez, se utiliza filtración directa, recomendada para aguas de muy buena calidad y características constantes. Según el INAA, este método es adecuado para aguas con turbidez menor a 20 UTN, permitiendo hasta 50 UTN solo algunos días al año, con color verdadero menor a 40 unidades y contenido de algas inferior a 2000 por mililitro.

3.4.12. Tipos de sistemas de cosecha de agua

Los autores Berhanu y Fleming (2018 retomado por Ayala et al., 2024) establecieron que los sistemas de cosecha de agua funcionan al adaptarse a una amplia gama de condiciones ambientales desde zonas áridas hasta húmedas.

Los sistemas de cosecha de agua se pueden clasificar en sistemas de microcaptación, macrocaptación, captación en techos de viviendas y estructuras permeables, captación de aguas subterráneas y freáticas, captación de agua atmosférica, y captación de agua de manantiales.

La microcaptación consiste en captar la escorrentía (agua de lluvia que corre libremente sobre la superficie de un terreno) generada dentro del propio terreno de cultivo, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por los cultivos. (Gobierno de México, 2016)

Por otro lado, la macrocaptación, se utiliza en regiones semiáridas o áridas, aunque algunas captaciones externas se aplican también en regiones subhúmedas. Es similar a la anterior, pero en áreas más grandes, sin o con escasa cobertura vegetal, para que genere un volumen considerable de flujo superficial hacia el área de cultivo. (Gobierno de México, 2016)

Así mismo se puede captar agua de lluvia de techos de viviendas y otras estructuras permeables que se considera que es la de mejor calidad para consumo doméstico. Esta técnica es la forma más conocida y difundida de

captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en techos de viviendas y establos, patios de tierra batida, superficies rocosas. (Gobierno de México, 2016)

Dentro de estas aplicaciones cabe mencionar dos sistemas que han sido ampliamente usados en las zonas rurales como en las zonas urbanas como son la captación agua de lluvias dirigido a una pila y la captación de agua dirigida a una cisterna.

La práctica de captación de agua de lluvia dirigido a una pila según Hernández y Otero (2014) consiste en la captación de lluvias del techo (tejas, láminas o plástico) durante las precipitaciones haciendo uso de canaletas de plástico o zinc, los que están dirigidos a un reservorio que pueden ser barriles, piletas o tanques de material de concreto o plástico.

Mientras que la captación de agua dirigido a una cisterna consiste en un dispositivo en forma de cilindro que se encuentra por debajo del nivel del suelo donde se encuentra un filtro y una bomba que permite la extracción del agua.

La captación de aguas subterráneas y freáticas consiste en la captación de las aguas que en su mayor parte sale en manantiales y sigue escurriendo en ríos como agua superficial. (Farfan y Larico, 2020)

La tecnología de captación de agua atmosférica permite recoger vapor de agua y lo convierte en agua pura y líquida. Los generadores de agua atmosférica son equipos de producción de agua potable a partir del vapor de agua de la atmósfera. La tecnología de estos aparatos permite captar la humedad del ambiente para producir agua en cualquier parte del mundo utilizando únicamente una fuente de energía. (Bibopark, s.f.)

Dentro de las tecnologías de captación de agua existe la captación de agua de manantiales las cuales se implementan después de un torrencial y/o en lugares donde haya presencia de manantiales y quebradas donde el agua mantiene su caudal todo el año. En estas circunstancias se pueden elaborar obras a orilla de quebradas. (INTA.GOB, s.f.)

3.5. Usos del agua de lluvia en espacios universitarios

3.5.1. Beneficios ecológicos y educativos

El uso racional, optimizado y responsable del agua según la FAO (2013) debe incluir estrategias y acciones como:

- Utilización del volumen mínimo necesario para satisfacer la demanda de manera que no se incurra en desperdicio.
- Desarrollo de sistemas productivos con especies de plantas y animales que necesitan menos agua o que presentan mayor eficiencia en su utilización.
- Uso múltiple del agua, es decir que se utiliza el mismo volumen de este líquido vital para obtener beneficios en dos o más actividades

- Evitar la contaminación en su utilización y entregar el agua residual con igual o mejor calidad del agua recibida.
- Prevención y control de excedentes hídricos que causan daños a los sistemas productivos y a la vida, como la erosión hídrica y las inundaciones.
- Captación y aprovechamiento del agua disponible en lo volúmenes que satisfagan las necesidades, posibilitando que los excedentes estén disponibles para otras personas.
- Respetar la legislación que regula el uso del agua en cada provincia, país o región.

3.5.2. Aportes al desarrollo sostenible y resiliencia climática

Las instituciones Global Water Partnership y UNICEF en el año 2014 definieron la resiliencia como la capacidad de las personas y los sistemas de prever, adaptarse y recuperarse de los efectos negativos de los impactos y presiones -incluye los desastres naturales y el cambio climático-, de modo que la vulnerabilidad se reduzca, se protejan los medios de vida, la recuperación se acelere y se mantenga y se preste apoyo al desarrollo económico y social preservando, al mismo tiempo, la integridad cultural.

Los riesgos climáticos relacionados con el agua surgen del exceso de agua, la escasez de la misma o la contaminación. El agua en Nicaragua está destinada a cumplir distintos usos, los principales son el agrícola, doméstico o municipal y el industrial. De acuerdo con datos de Aquastat retomado por FAO (2014), “La extracción hídrica total nacional para el 2011 alcanzó los 1.545 km3, destacando el sector agrícola con una extracción de 1.185 km3, equivalente al 76 % del total de las extracciones”. (Rodríguez, 2016)

La captación de agua de lluvia contribuye significativamente al desarrollo sostenible y la resiliencia climática debido a que se proporciona una fuente de agua segura y confiable, lo que se traduce en la reducción de la presión que existe sobre los recursos existentes y ayuda a mitigar los impactos del cambio climático.

Hay ciertas recomendaciones de parte de la FAO (2013) de carácter técnico-institucional sobre el tema de captación de agua de lluvia que es importante mencionar:

Se debe mantener servicios de apoyo para realizar investigaciones, de manera que los investigadores tengan acceso a información sobre el ciclo hidrológico, aspectos agroclimáticos, suelos, demandas hídricas, alternativas tecnológicas, amenazas y riesgos, entre otros temas.

Es importante que para las regiones climáticas homogéneas se cuenten con datos como valores de precipitación: P50, P75, lluvia de diseño.

Así como valores de evapotranspiración, coeficientes de escorrentía, especies y cultivos adaptados.

Así mismo es importante el desarrollo de planes integrales de instituciones de apoyo técnico que tengan objetivos, metas, estrategias, acciones y responsabilidades claramente definidas que permita el seguimiento del proyecto.

Para finalizar se debe concientizar a la población e incluir a las comunidades en la implementación de estos proyectos.

3.6. Normativas y políticas sobre manejo de agua en Nicaragua

En Nicaragua, el marco constitucional establece una base sólida para la protección y gestión de los recursos hídricos. La Constitución Política reconoce en su Artículo 102 que los recursos naturales, entre ellos el agua, constituyen patrimonio nacional, por lo que su uso y administración deben responder al interés colectivo. Asimismo, el Artículo 60 consagra el derecho de toda persona a vivir en un ambiente saludable, señalando la responsabilidad del Estado y la sociedad en la protección, restauración y conservación de los ecosistemas, especialmente aquellos vinculados a los procesos naturales que sustentan la vida. Bajo este enfoque, el recurso hídrico es considerado un bien común que debe ser preservado para las generaciones presentes y futuras.

Durante gran parte del siglo XX, la gestión del agua en Nicaragua se basó en normativas del Código Civil de 1904, que favorecían la apropiación privada del recurso. Este modelo fue sustituido con la promulgación de la Ley No. 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (1996), la cual declaró el agua como un recurso de dominio público y atribuyó al Estado la propiedad de elementos como las playas marítimas y lacustres, lechos de cuerpos de agua, acuíferos subterráneos y zonas de recarga. Esta legislación también promovió la gestión ambiental integrada y estableció responsabilidades a nivel nacional y municipal para la conservación de los recursos naturales. (Rodríguez, 2016)

El avance más significativo en la legislación hídrica se dio con la aprobación de la Ley No. 620, Ley General de Aguas Nacionales (2007), la cual sentó las bases para una gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) y estableció los principios de conservación, uso sostenible, equitativo y participativo del agua. Esta ley también propició la creación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como órgano rector, autónomo y descentralizado, responsable de administrar el recurso a nivel nacional. La ANA cuenta con facultades técnico-normativas y operativas, así como con la responsabilidad de coordinar el Sistema Nacional de Información de los Recursos Hídricos (SiAgua), que permite monitorear la disponibilidad, calidad y uso del agua en todo el país. (Global Water Partnership, 2022)

A partir de esta legislación, Nicaragua adopta el modelo de gestión por cuencas hidrográficas como unidad de planificación y administración del recurso, fomentando la participación de actores locales mediante Organismos de Cuenca y Comités de Cuenca, creados como espacios de consulta y coordinación interinstitucional. Esta estructura fue fortalecida con la reforma a la Ley 620 mediante la Ley No. 1046 (2020), la cual permitió dar personalidad jurídica a los

comités y consolidó mecanismos de planificación territorial y participación comunitaria. (CAPS NICARAGUA, s.f.)

Además, el país ha desarrollado una Política Nacional de los Recursos Hídricos alineada con los principios de equidad social, prevención de riesgos climáticos y respeto a los derechos humanos. Esta política considera el agua como un derecho fundamental y una condición básica para el desarrollo sostenible. Asimismo, reconoce al Lago Cocibolca, el mayor cuerpo de agua dulce de Centroamérica, como un reservorio estratégico de agua potable, sujeto a planes específicos de protección y uso racional.

En el ámbito local, la Ley No. 40, Ley de Municipios, faculta a los gobiernos municipales a incidir en la gestión del agua en sus territorios, incluyendo la regulación de volúmenes de extracción y la protección de fuentes hídricas. A esto se suma la organización de más de 3,100 Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) que participan activamente en la gestión del agua a nivel comunitario, en colaboración con instituciones como el MARENA, INETER y las universidades. (CAPS NICARAGUA, s.f.)

En Nicaragua, existen diversas instituciones encargadas de regular, administrar y proteger los recursos hídricos, desempeñando un papel fundamental en el abastecimiento, saneamiento y conservación del agua. Entre ellas destacan:

La Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) es la entidad principal encargada de proveer los servicios públicos de agua potable, así como del tratamiento y disposición de aguas residuales. También se encarga de gestionar fondos para la mejora de estos servicios esenciales.

El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) tiene un rol fundamental en la formulación de políticas ambientales y el uso sostenible de los recursos naturales. Supervisa la calidad del agua y regula su uso, especialmente mediante su Dirección de Calidad Ambiental, en cumplimiento del Decreto 21-2017 sobre descargas de aguas residuales.

Existen además otras instituciones con funciones complementarias. El Ministerio de Salud (MINSA) establece normas sobre la calidad del agua basadas en la Ley General de Salud y puede intervenir ante situaciones que representen riesgo de contaminación. Por su parte, el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) genera información técnica y científica, incluyendo estudios hidrológicos y meteorológicos, esenciales para la gestión eficiente del recurso hídrico, a través de su Dirección de Recursos Hídricos.

Finalmente, los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAPS) desempeñan un papel vital en las comunidades rurales, gestionando de forma autónoma el acceso al agua y al saneamiento, promoviendo la participación comunitaria en la administración de estos recursos.

3.6.1. Fortalecimiento de la gobernanza y formación profesional

Reconociendo la importancia de mejorar la gestión del agua, el Gobierno ha impulsado programas de formación de recursos humanos en este ámbito. Una de las iniciativas más destacadas es el Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos (CIRA/UNAN), ubicado en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua en Managua.

El CIRA se dedica a la formación de profesionales, generación de información e investigación aplicada a la gestión integral del recurso hídrico. Además, ofrece una Maestría en Ciencias del Agua, con el fin de preparar personal calificado para enfrentar los desafíos del manejo sostenible del agua en el país.

3.6.2. Lineamientos sobre el aprovechamiento de agua de lluvia

Dentro de los lineamientos para el aprovechamiento de agua de lluvia se encuentra la Norma Técnica Obligatorio Nicaragüense N°. NTON 09007-19 Diseño de sistemas de abastecimiento. Agua potable que fue publicada en la Gaceta en el año 2021 donde se establecen recomendaciones técnicas sobre la captación de agua de lluvia.

Donde establece que la captación de lluvia de ser interceptada, colectada y almacenada para su posterior uso. La captación individual de agua de lluvia para consumo doméstico debe utilizar el techo de la vivienda y la cantidad captada dependerá de la precipitación del lugar, el área de captación y del volumen disponible para almacenar.

Se menciona que para el aprovechamiento de captaciones superficiales se deben realizar estudios estacionales de caudal y calidad del agua de acuerdo a lo establecido por la autoridad nacional competente.

En el periodo de estiaje se deben realizar estudios de aforos para validar la disponibilidad de agua mientras que en el periodo lluvioso se deben realizar estudios para determinar el caudal máximo, así como análisis para determinar el índice de turbidez y concentraciones de otras sustancias, con el objetivo de seleccionar la tecnología apropiada para su potabilización.

3.7. Tecnologías de riego

En Nicaragua la estrategia del riego debe estar dirigida al ahorro de agua, es por esto que deben establecerse estrategias de riego que tengan esta tendencia. La mayoría de los países desarrollados ya están trabajando con riego localizado que es que el que tiene mayor eficiencia en la distribución del agua (alrededor del 90% al 95%), sufriendo pérdidas de apenas un 5% de consumo de agua, que, en comparación con el método de riego por gravedad, tiene pérdidas de hasta el 60%. (Espinosa, 2016)

Cabe mencionar que el conocimiento de la cantidad de agua disponible para riego es fundamental tanto en la planificación como en la operación de los sistemas de riego.

3.7.1. Riego localizado

Este método según Espinosa (2016) consiste en la aplicación de agua sobre la superficie del suelo o bajo este, utilizando para ello tuberías a presión y emisores de diversas formas, de manera que solo se moja una parte del suelo, la más próxima a la planta, esta fracción de suelo que se moja se denomina bulbo húmedo, este depende del tipo de suelo, del volumen de agua aplicado y del caudal del emisor.

En función del tipo de emisor utilizado y su colocación, se distinguen tres tipos de riego localizado: goteo, tuberías emisoras y microaspersión/microdifusión. El riego por goteo es un método de irrigación que permite una óptima aplicación de agua y abonos en los sistemas agrícolas de las zonas áridas. El agua aplicada se infiltra en el suelo irrigando directamente la zona de influencia radicular a través de un sistema de tuberías y emisores.

Por último, la microaspersión consiste en la aplicación del agua en el suelo en forma de lluvia muy fina, mojando una zona determinada que depende del alcance del emisor mojando una superficie circular. Este método se recomienda en suelos arenosos o cuando hay que humedecer grandes áreas de terreno.

IV. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de estudio

La presente investigación se basó en la recopilación y procesamiento de datos relacionados a precipitaciones de agua de lluvia y variables cuantitativas, con el fin de diseñar una propuesta de un sistema de captación de agua de lluvia en los edificios 27EDF-01 y IES-09, es por esto que se determinó que esta investigación será de tipo descriptiva, ya que únicamente pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren.

4.2. Tipo de enfoque

Se utilizó una metodología enfocada en el análisis de variables cuantitativas al realizar un estudio técnico para evaluar la propuesta de diseño del sistema de cosecha de agua de lluvia, evaluando la viabilidad monetaria y el impacto ambiental en términos de aprovechamiento de agua de lluvia y reducción de escorrentía superficial en los edificios 27EDF-01 e IES-09 de las instalaciones de la Universidad Nacional de Ingeniería, se deja adjunto imágenes reales de los mismos en la sección de ANEXOS.

4.3. Ubicación del estudio

El estudio se desarrolló en el campus central de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), ubicado en la ciudad de Managua, con coordenadas geográficas aproximadas de 12°08'38" de latitud norte y 86°16'00" de longitud oeste. Esta localización corresponde a la Región del Pacífico de Nicaragua, caracterizada por un clima tropical de sabana con estación seca bien definida entre noviembre y abril, y una estación lluviosa de mayo a octubre.

De acuerdo con la clasificación de INETER, el sitio de estudio se encuentra dentro del sector Región del Pacífico Central, el cual presenta una precipitación promedio mayor a 1000 mm influenciada por los vientos alisios y la canícula que ocurre entre julio y agosto.

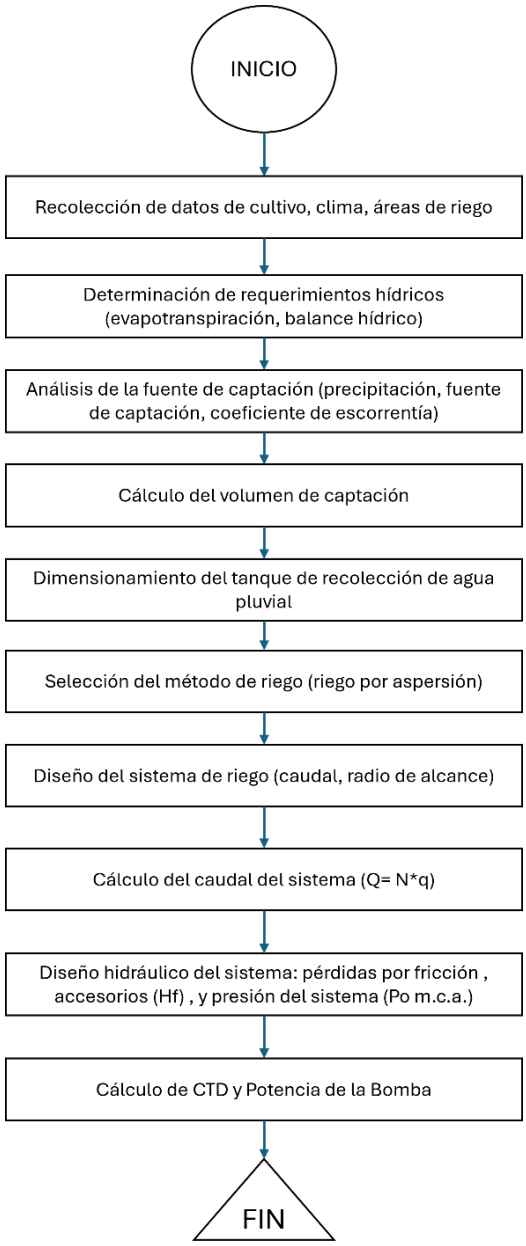
Esta ubicación geográfica fue considerada relevante para el diseño del sistema de cosecha de agua de lluvia, debido a su representatividad climática y a la disponibilidad pluvial promedio registrada en la estación meteorológica del Aeropuerto Internacional Managua, cuyos datos de precipitación diaria fueron proporcionados por la entidad INETER para la realización de esta tesis. **(Ver ANEXO 3)**

4.4. Criterios técnicos de diseño de un sistema de cosecha

Con el fin de garantizar un diseño técnico adecuado del sistema de cosecha de agua, se elaboró un diagrama de cálculo presentado en la **Figura 2.** que organiza de manera secuencial y lógica los procedimientos necesarios para el dimensionamiento del sistema.

Figura 2.

Diagrama de cálculo para Diseño de Riego



4.4.1. Área de Captación

El dimensionamiento de las áreas de captación se determinó en función de la geometría del techo de cada uno de los edificios que integran el sistema, información que se detalla en los anexos correspondientes. **(Ver ANEXO 2.1-2.2)**

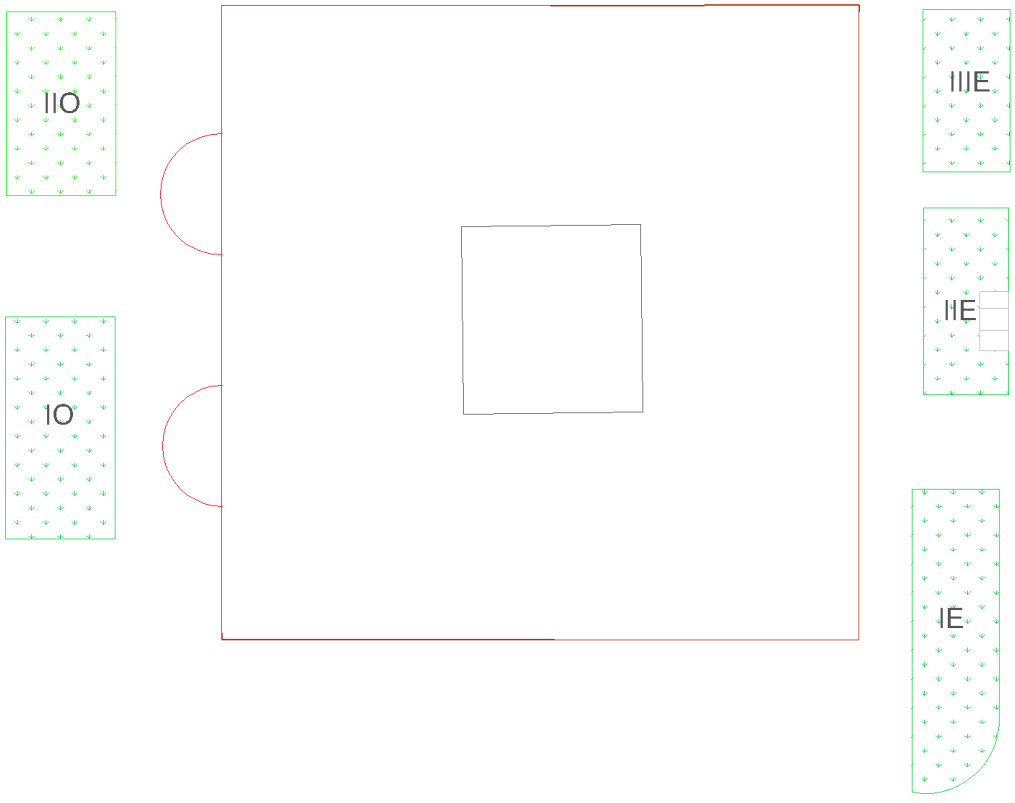
4.4.2. Áreas de riego

Para la delimitación y definición de las áreas de riego, se estableció la red de tuberías correspondiente a cada una de las zonas previamente identificadas, tomando como base las mediciones de las superficies de riego realizadas en campo. Dichas mediciones permitieron caracterizar espacialmente cada zona y asegurar su correcta integración al sistema de distribución.

En el caso del edificio IES-09, se consideraron las áreas aledañas como parte del área de riego, tal como se aprecia en la **Figura 3**, donde se muestra la distribución espacial de las zonas definidas.

Figura 3.

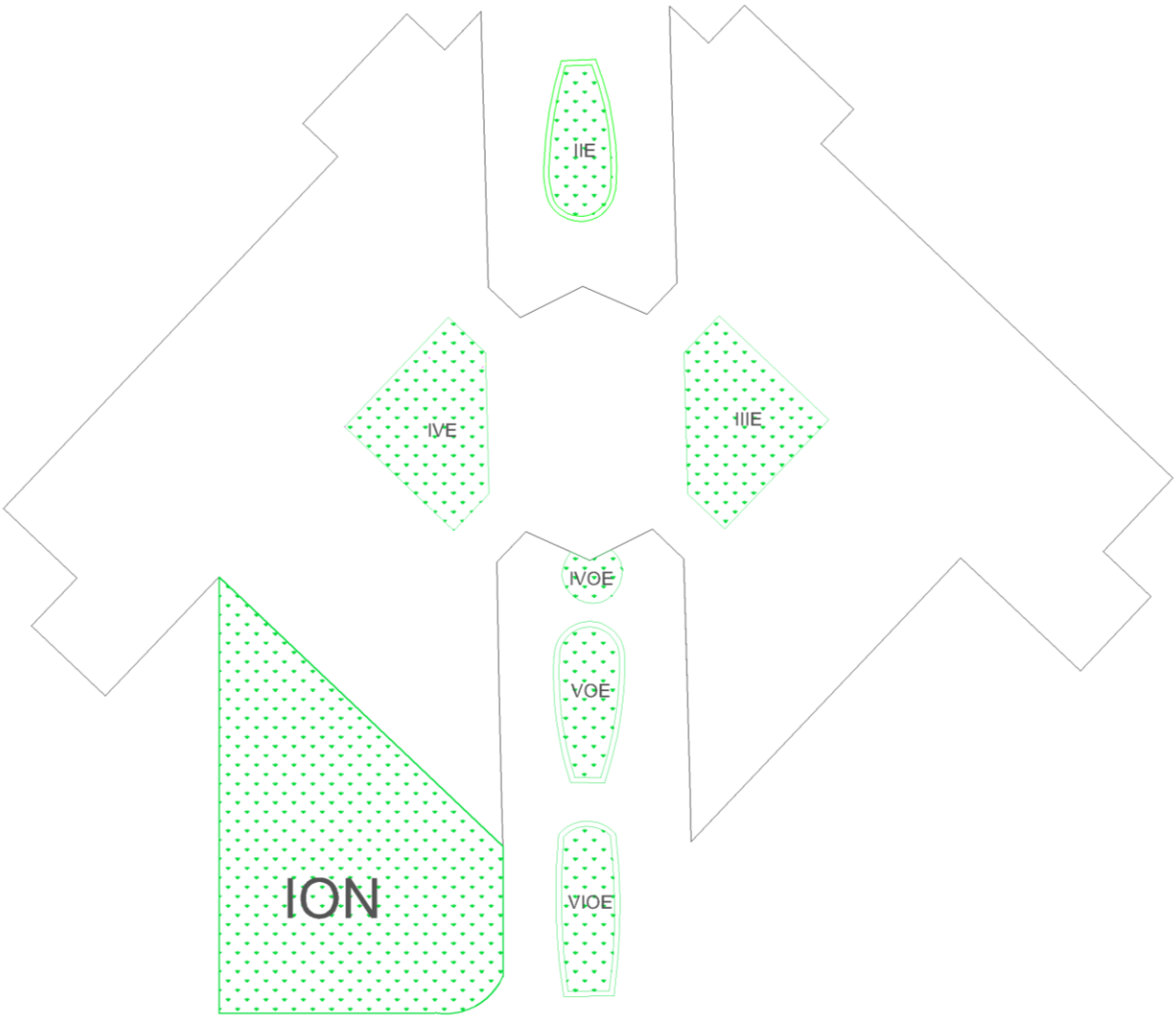
Zona de Riego-Edificio IES-09



Para el edificio 27EDF-01, se tomaron en cuenta las zonas circundantes de igual manera, las cuales fueron consideradas dentro del área de riego definida, tal como se muestra en la **Figura 4**.

Figura 4.

Zona de Riego-Edificio 27EDF-01



Estas mediciones permitieron delimitar espacialmente cada área y establecer su relación con la red de distribución de agua. Posteriormente, se procedió a la codificación de las zonas de riego, asignándoles un identificador y su respectiva superficie, información que fue incorporada en el plano maestro del sistema para facilitar su identificación, análisis y planificación operativa. (**Ver ANEXO 9**)

En la **Tabla 4** se presentan las delimitaciones de áreas verdes y su área correspondiente.

Tabla 4.

Áreas verdes por edificio en metros cuadrados

Edificio Zona	IES-09 ÁREA	Edificio Zona	27EDF-01 ÁREA
IE	61.5	IIE	43.6
IIE	34.4	IIIE	101.1
IIIE	34.5	IVE	101.1
IO	58.9	VOE	13.8
IIO	48.8	VIOE	43.0
		VIIE	45.9
		ION	482.4
Total	238.0	**Total**	830.9

4.4.3. Precipitación de diseño

Para el diseño de este sistema se estimó la precipitación neta a partir de la precipitación media mensual con una probabilidad del 75% como se expresa en la **Ec. (1)**.

$$PN_J = P_J^{75} \times C_e \qquad \textbf{Ec. (1)}$$

Donde:

$P_J^{75} = Precipitación\ del\ mes\ j\ (1,2,3,\ldots.,12)\ con\ una\ probabilidad\ de\ 75\%, (mm)$

$PN_J = Precipitación\ neta\ del\ mes\ j\ (1,2,3,\ldots,12), (mm)$

$C_e = coeficiente\ de\ escurrimiento\ (adimensional)$

Por otra parte, la FAO (2013) describió que los investigadores Critchley et al. (1996) propusieron un método sencillo para estimar el volumen de lluvia para diferentes niveles de probabilidad mediante un método gráfico.

En primera instancia se determinó el total de lluvia anual que se necesita para el ciclo vegetativo en la localidad de interés. En localidades donde no existen registros de lluvia se podrán utilizar datos de estaciones cercanas. Es importante contar con registros de muchos años, porque la variabilidad de la lluvia en zonas áridas y semiáridas puede ser considerable. El análisis de solamente 5 ó 6 años de observaciones es inadecuado ya que estos 5 ó 6 valores pueden pertenecer particularmente a un período seco o muy lluvioso y por lo tanto puede no ser representativo para el patrón de lluvias a largo plazo.

En la **Tabla 5** se presenta el acumulado anual del periodo de 10 años de observación para la precipitación en Managua.

Tabla 5.

Precipitación anual acumulada en el período del 2014-2024 Managua, Nicaragua

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Promedio
1	825.6											826
2	825.6	813.8										820
3	825.6	813.8	987									875
4	825.6	813.8	987	1309								984
5	825.6	813.8	987	1309	1022.9							992
6	825.6	813.8	987	1309	1022.9	1136.2						1016
7	825.6	813.8	987	1309	1022.9	1136.2	1490.8					1084
8	825.6	813.8	987	1309	1022.9	1136.2	1490.8	719.2				1038
9	825.6	813.8	987	1309	1022.9	1136.2	1490.8	719.2	1867.9			1130
10	825.6	813.8	987	1309	1022.9	1136.2	1490.8	719.2	1867.9	1133.3		1131
11	825.6	813.8	987	1309	1022.9	1136.2	1490.8	719.2	1867.9	1133.3	1739	1186

Nota. Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

Luego se asignó a los totales anuales m = 1 para el valor más alto y m = N (N observaciones o años), para el valor más bajo y ordenar los datos en forma decreciente. La probabilidad de ocurrencia P (%) para cada una de las observaciones ordenadas puede calcularse de acuerdo con la **Ec. (2)**

$$P(\%) = \frac{m - 0.375}{N + 0.25} \times 100 \qquad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

$P = Probabilidad$

$m = número\ de\ orden$

$N = Número\ total\ de\ observaciones$

Se construyó un gráfico con las observaciones ordenadas contra las probabilidades correspondientes en la **Tabla 6**.

Tabla 6.

Probabilidad de ocurrencia de precipitación de lluvia acumulada Periodo (2014-2024)

Año	Lluvia decreciente (mm)	Número de orden	Probabilidad
9	1867.9	1	5.6
11	1739	2	14.4
7	1490.8	3	23.3
4	1309	4	32.2
6	1136.2	5	41.1
10	1133.3	6	50.0
5	1022.9	7	58.9
3	987	8	67.8
1	825.6	9	76.7
2	813.8	10	85.6
8	719.2	11	94.4

Nota. Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

Finalmente, se adaptó una curva de modo tal que la distancia de observaciones por arriba o por debajo de la curva estén tan cerca de la curva como sea posible. Esta curva puede ser una línea recta. De esta curva es posible obtener la probabilidad de ocurrencia o excedencia de un valor de lluvia de una magnitud específica. Inversamente, es también posible obtener la magnitud de la lluvia que corresponde a una probabilidad dada.

4.4.4. Precipitación efectiva

La fracción de lluvia que estará disponible para satisfacer parte de las necesidades de las áreas verdes se determinó por medio de las ecuaciones empíricas (FAO,1993) para áreas con pendientes inferiores al 4-5% se aplica la **Ec. (3):**

$$Pe = 0.8\,x\,PP - 25 \;\; si\; PP \; > 75\,{}^{mm}/_{mes}$$
$$Pe = 0.6\,x\,PP - 10 \;\; si\; PP \; < 75\,{}^{mm}/_{mes} \qquad \textbf{Ec. (3)}$$

4.4.5. Volumen de captación

La ocurrencia y la cantidad de escorrentía superficial según Van (s.f.) dependen de las características de la precipitación, clima, suelo, vegetación, pendiente y tamaño del área. La teoría general establecida en la **Ec. (4)** parte de:

$$Captación\ de\ agua\ de\ lluvia = escorrentía\ inducida + precipitación\ recogida$$

$$AC = (PP\ \times A_C\ \times\ C_e) + (PP\ \times\ A_s) \qquad \textbf{Ec. (4)}$$

Donde:

$AC = Volumen\ de\ agua\ captado\ (litros)$

$PP = Precipitación\ (mm)$

$A_c = Área\ de\ captación\ \ de\ agua\ (m^2)$

$A_s = Área\ de\ siembra/cosecha\ (m^2)$

$C_e = Coeficiente\ de\ escorrentía$

4.4.6. Coeficiente de escorrentía

El termino de coeficiente de escorrentía superficial (C) expresa la relación (proporción o porcentaje) entre la magnitud de escorrentía (expresada en mm de lámina de agua) y una determinada magnitud de lluvia (también expresada en mm de lámina de agua) correspondiente a un evento o un periodo lluvioso en una cuenca o área de captación determinada como se establece en la **Ec. (5)**. (FAO, 2013)

$$C = Escorrentía\ (mm)\ \div lluvia\ \ (mm)\ entonces$$

$$Escorrentía = C\ x\ lluvia\ (mm) \qquad \textbf{Ec. (5)}$$

En los proyectos de captación de agua de lluvia es conveniente que la superficie cultivada sea menor, es decir, que toda la lluvia penetre en el suelo y no escurra (C= 0.0%) mientras que en áreas de captación sin cultivo o que no han sido explotados interesa que la escorrentía sea grande.

En la **Tabla 7** se presentan los valores de escorrentía para diversas superficies.

Tabla 7.

Coeficientes de escorrentía [C] en diferentes superficies y coberturas

Tipo de superficie o cobertura del área de captación	Coeficiente de escorrentía [C]
Lámina plástico de polietileno	0.9
Mortero (mezcla de cemento y arena)	0.88
Asfalto	0.88
Tejas de arcilla recocida	0.75
Manta plástica + grava	0.7
Suelo de textura fina (arcilloso), emparejado con lámina	0.55
Suelo de textura fina (arcilloso), en barbecho	0.24
Suelo de textura gruesa (arenoso)	0.2
Pasto bubel (Cenchrus ciliaris)	0.15
Áreas cultivadas	0.08
Pastos	0.41
Techos	0.75 -0.95
Hormigón	0.70- 0.95

Nota. Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. (Adaptado de Chow et al, 1988, citado por Brito et al. 2007ª, retomado por FAO, 2013).

4.4.7. Tiempo de Concentración Tc

El tiempo de concentración se define según la FAO (2013) como el tiempo necesario para que el caudal de escorrentía que se produce con una lluvia de intensidad constante se estabilice en el punto de salida de la cuenca (Linsley y Franzini, 1979). Se asume que este es el tiempo necesario para que el agua que cayó en la parte más alejada de la salida de cuenca llegue a dicho punto, donde se juntan los aportes de la escorrentía superficial de la cuenca.

Existen varias fórmulas para estimar el tiempo de concentración. La **Ec. (6)** ha sido deducida por Izzard (1946) para cuencas pequeñas, en las que ocurre escorrentía superficial laminar cuando hay una lluvia de intensidad constante:

$$T_c = \frac{526.42 \times b \times L^{1/3}}{(C_r \times i)^{2/3}} \qquad \textbf{Ec. (6)}$$

Donde:

$T_c = Tiempo\ de\ concentración$ (h)

$$b = \frac{0.0000276 \times i + C_r}{S^{1/3}}$$

$L = Longitud\ de\ escorrentía\ superficial\ difusa, en\ mts$

$C_r = Coeficiente\ de\ retardo\ de\ la\ escorrentía$

$i = intensidad\ de\ la\ lluvia\ en \frac{mm}{hora}$

$S = Declividad\ media\ de\ la\ superficie$

Los valores de C_r según el tipo de superficie se muestran en la **Tabla 8**.

Tabla 8.

Valores de Cr según el tipo de superficie

Tipo de superficie	Coeficiente de retardo de escorrentía [Cr]
Asfalto liso y bien acabado	0.007
Hormigón	0.012
Macadam asfáltico	0.017
Suelo limpio sin vegetación	0.046
Vegetación rastrera densa	0.06

Nota. Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe (FAO, 2013).

4.4.8. Balance hídrico

Una vez que se han obtenido los datos de precipitación y consumo de agua de los cultivos considerados, se debe determinar si hay necesidades de agua de riego, ósea sin son necesarias las obras de captación de agua de lluvia, para esto se realizar un balance hídrico. La **Ec. (7)** del balance hídrico, para cualquier zona o cuenca (o cualquier masa de agua) indica los valores relativos de entrada y salida, flujo y variación del volumen de agua. (Van, s.f.)

$$P + Q = ET + ES + ST \qquad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

$P = precipitación\ recibida\ por\ el\ suelo$

$Q = aguas\ superficiales\ y\ subperficiales\ recibidas\ dentro\ de\ la\ cuenca$

$ET = Evaporación\ \ y\ transpiración$

$ES = Escorrentía$

$ST = Aguas\ subterráneas$

Esta ecuación puede simplificarse o hacerse más compleja dependiendo de los datos que se encuentran disponibles, así se determina en la **Ec. (8)** la simplificación del balance hídrico.

$$P = ET + ES \qquad \textbf{Ec. (8)}$$

Se calculó la evapotranspiración según Allen et al. (2006) mediante el método de Hargreaves utilizando la información de la temperatura máxima, mínima y media proporcionada por INETER mediante la **Ec. (9)**:

$$ET_o = 0.0023(T_{media} + 17.8)(T_{max} - T_{min})^{0.5} R_a \qquad \textbf{Ec. (9)}$$

Donde ET_oes la evapotranspiración de referencia; T_{media}es la temperatura media del aire; T_{max}es la temperatura máxima del aire; T_{min}es la temperatura mínima del aire y R_a es la radiación extraterrestre.

4.4.9. Demanda de agua para riego (tipo de cultivo o área verde)

Para el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia destinado para riego se calcularon las necesidades de agua adicional, que según Van (s.f.) pueden resultar de las diferencias entre las demandas de agua del cultivo (uso consuntivo) por mes durante el ciclo de desarrollo y la parte de porción de agua de lluvia caída en esos meses.

La precipitación efectiva (P_e) se estimó a un 80% de probabilidad, de forma que analizaron las deficiencias o excesos de agua según la **Ec. (10).** (Anaya et al., 1994).

$$NA = ETc + SAT + PERC + LA - Pe \qquad \textbf{Ec. (10)}$$

Donde:

$NA = Necesidades\ de\ agua\ para\ riego\ (mm)$

$ETc = Evapotranspiración\ del\ cultivo$

$SAT = Cantidad\ de\ agua\ necesaria\ para\ saturar\ el\ suelo$

$PERC = Pérdidas\ por\ percolación\ y\ filtraciones$

$LA = Agua\ para\ establecer\ la\ lámina\ de\ agua\ superficial$

$Pe = Precipitación\ efectiva$

Considerando que el suelo es franco limoso se utilizó $\theta_{FC} = 0.36,\ \theta_{wp} = 0.21$ y $Z_r = 0.20$ para el cálculo del déficit de humedad del suelo (ADT) según Allen et al. (2006) expresado en la **Ec. 11**. (**Ver ANEXO 8**)

$$ADT = 1000 * \left(\theta_{FC} - \theta_{wp}\right) * Z_r \qquad \textbf{Ec. (11)}$$

Donde ADT es el agua disponible total, θ_{FC} es el contenido volumétrico de humedad del suelo a capacidad de campo; θ_{wp} es el contenido volumétrico de humedad del suelo en el punto de marchitez permanente; y Z_r es la profundidad efectiva de la raíz.

Asimismo, se consideraron pérdidas del 10% asociadas al drenaje y un 10% por almacenamiento. Para el sistema de riego por goteo se asumió una eficiencia del 85%, además de pérdidas adicionales estimadas en un 5% y un factor de seguridad del 10%, con el fin de garantizar un suministro adecuado y compensar posibles variaciones operativas del sistema.

Además, se adoptó un coeficiente de cultivo (Kc) igual a 1.0, correspondiente a césped bien establecido, según valores recomendados por la FAO.

El requerimiento hídrico de un cultivo según la Fao (1986) se determina por la **Ec. (12):**

$$V = ET_c * A \qquad \text{Ec. (12)}$$

Donde:

$ET_c = evapotranspiración\ del\ cultivo\ \left(\frac{mm}{día}\right)$

$A = Área\ a\ regar\ (m^2)$

$V = volumen\ diario\ requerido\ (L)$

4.4.10. Conducción del agua al depósito de almacenamiento

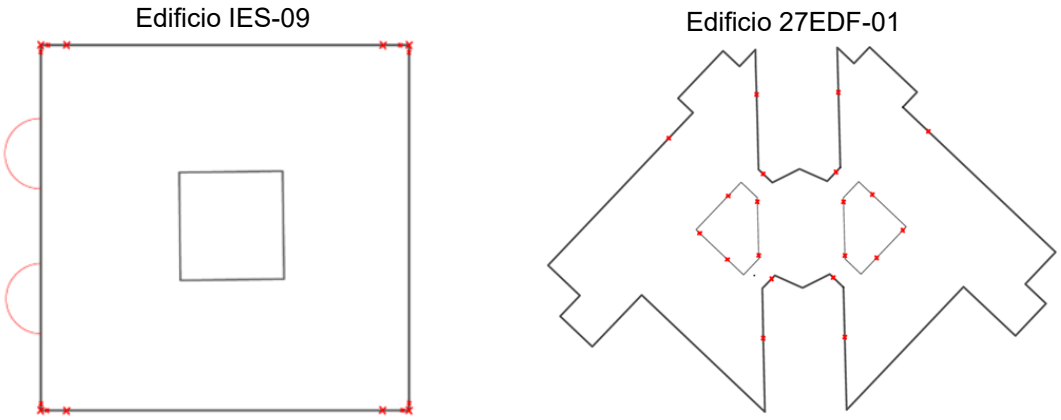
Los edificios 27EDF-01 e IES-09 presentaron diferencias estructurales significativas, particularmente en lo que respecta al sistema de drenaje pluvial. El edificio 27EDF-01 tiene una forma irregular y cuenta con 20 bajantes pluviales de PVC de 4 pulgadas, con un diámetro exterior de tubería 10.16cm y una longitud total de 19.66 m, lo que permite ubicar el tanque de almacenamiento subterráneo en un área delimitada, aprovechando la estructura existente. (**Ver ANEXO 10.1**)

El edificio IES-09 presenta una estructura de planta cuadrada y un techo con una inclinación de 25°, lo que permite el drenaje eficiente del agua pluvial hacia las canaletas redondeadas que bordean su perímetro. Estas canaletas conducen el agua a través de dos bajantes ubicadas en las esquinas de cada uno de los pilares del edificio, con una longitud de 2.375 m y un diámetro exterior de 10.16 cm. Posteriormente, el flujo desemboca en una canaleta principal que cuenta con tres bajantes adicionales de 7.62 cm de diámetro exterior y una longitud de 2.56m. Esta información fue verificada durante la inspección en campo. (**Ver ANEXO 10.2**)

Se presenta en la **Figura 5.** la distribución de los bajantes pluviales de cada edificio.

Figura 5.

Plano de bajantes pluviales (X) Edificio 27EDF-01 e IES-09



Para conducir el agua de lluvia hacia el tanque de almacenamiento, se calcularon los tramos de tubería correspondientes a cada edificio según la ubicación del tanque. Para ello, se emplearán codos de 45°, codos de 90° y tees sanitarias, que permitirán dirigir el flujo de agua a lo largo de la ruta definida para cada edificio.

4.4.11. Diseño de tuberías

El diseño de las tuberías se realizará utilizando la ecuación de continuidad del flujo de fluidos, según lo establecido por Mott (2015), tomando como referencia el caudal de diseño para determinar las velocidades en las líneas de succión y descarga, tal como se muestra en la **Ec. (13)**. Cabe señalar que las tuberías se proyectan en material PVC, como se indicó previamente.

$$Q = A \times v \qquad \textbf{Ec. (13)}$$

Donde:

$A =$ $Área\ de\ la\ sección\ transversal\ del\ conducto\ (m^2)$

$v = Velocidad\ del\ fluido\ en\ esa\ sección\ (m/s)$

Según Zelaya (2018), el caudal de diseño del sistema de captación de agua de lluvia se calcula considerando la intensidad pluviométrica (**Ver ANEXO 6**) y el coeficiente de escorrentía (Tabla 8), como se muestra en la **Ec. (14).**

$$Q_d = \frac{A_r * I * C_e}{3600 * 1000} \qquad \textbf{Ec. (14)}$$

Donde:

$Q_d = Caudal\ de\ diseño\ \left(\frac{m^3}{s}\right)$

$A_r = Área\ del\ techo\ (m^2)$

$I = Intensidad\ pluviométrica\ \left(\frac{mm}{h}\right)$

$C_e = Coeficiente\ de\ escorrentía\ (adimensional)$

4.4.12. Tanque de almacenamiento

Las cisternas son reservorios de agua cerrados, construidos con diferentes tipos de material y de formas diversas. Generalmente almacenan agua para consumo doméstico u otros pequeños usos, como el abrevadero de animales de corral y huertos caseros. Los volúmenes almacenados pueden alcanzar hasta unos 50 m^3; sin embargo, los diseños económicamente más factibles están por debajo de los 20 m^3. Se compone básicamente de un estanque de almacenamiento, un sistema filtrante y el área de captación (Brito, 1999 citado en FAO, 2013)

Se recomienda que la ubicación sea suelo firme, además tiene que ser plano sin presencia de arcilla del tipo que se agrieta al secarse ni rocas de gran tamaño y debe de estar lo más cercano a la estructura de captación. Cabe mencionar que de preferencia debe tener una forma circular, debido a que es más eficiente desde el punto de vista operativo.

Una vez que se tiene el volumen de la cisterna se puede calcular el radio de la base para su construcción. Para cisternas de forma circular la relación se expresa en la **Ec. (15)** como:

$$V = h \times A \qquad \textbf{Ec. (15)}$$

Donde:

$h = Altura\ del\ cilindro\ (m)$

$A = Área\ del\ cilindro\ en\ (m^2)$

Similar a las cisternas, la construcción de reservorios abarca diferentes formas (rectangular, cuadrado, trapezoidal, etc.) y materiales constructivos, desde aquellos excavados en el suelo hasta los construidos de hormigón y mampostería. (FAO, 2013)

Las dimensiones requeridas dependen de las necesidades de volumen de almacenamiento, uso, tipo de suelo, condiciones topográficas, por lo que su tamaño y forma pueden variar.

4.4.13. Diseño del Sistema de riego

- **Selección del método de riego**

El riego por aspersión es el método más recomendado para áreas con césped, ya que permite una distribución uniforme del agua sobre superficies amplias y homogéneas, lo cual favorece el adecuado crecimiento y la salud del pasto. Este sistema emplea aspersores que simulan la precipitación natural, logrando una cobertura eficiente y uniforme, especialmente efectiva en praderas de césped y jardines extensos (Fundación Ecología y Desarrollo, 2000).

- **Selección del aspersor**

Para las zonas de riego de menor tamaño se escogieron aspersores de cuerpo 1804 tipo spray con diferentes boquillas según el marco de riego necesario para las distintas áreas, se consideró la presión de operación de 1.5 bar, (**Ver ANEXO 9**)
Se ubicaron 84 aspersores con boquilla 6-VAN para el riego de las áreas verdes del edificio IES-09 y se ubicaron 47 aspersores con boquillas 6-VAN para el riego de la zona IE y VOE, 24 aspersores boquilla 12-VAN para las zonas IIE, IIIE, 1 aspersor con boquilla 10-VAN para la zona IVE, 19 aspersores con boquilla 8 VAN para la zona VIOE y para la zona de mayor tamaño ION, 13 aspersores 5000 plus.

- **Cálculo del número de aspersores**

El número de aspersores para el edificio IES-09 según el plano hecho en AUTOCAD a escala real fue de 84 aspersores con un marco de riego de 5.67m, con un distanciamiento del 50% procurando el solape de los aspersores. (**Ver ANEXO 9**)

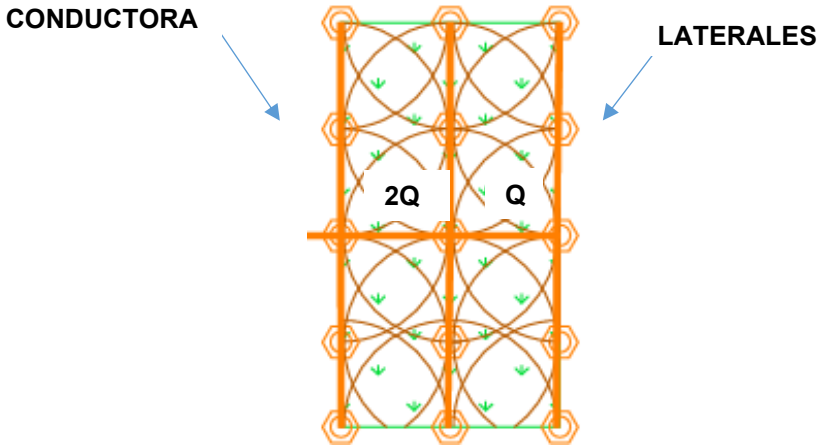
Asimismo, para el Edificio 27EDF-01 se determinaron 104 aspersores con un marco de riego de 6.25 m en promedio y para la zona de mayor tamaño (zona ION) se usaron 13 aspersores con un marco de 57.76m.

- **Diseño del arreglo de aspersores**

Los aspersores se ubicaron en una distribución cuadrada de manera que la presión en el sistema es constante como se muestra en la **Figura 6**, lo que varía a lo largo de los laterales es el caudal que fue calculado a la entrada de la tubería conductora.

Figura 6.

Distribución de aspersores



Los aspersores se ubicaron a una distancia $I_0 = \frac{1}{2}\ y\ I_0 = 1$ del comienzo del lateral de manera que se aplicó el factor de uniformidad de Christiansen, el cual corresponde a una representación estadística de la Uniformidad de Distribución (UD), y se expresa en porcentaje, (Fuentes, 1996).

F es el factor de reducción de Christiansen para compensar la descarga a lo largo del lateral en función de las salidas por emisores, se puede calcular mediante la **Ec. (16)** según Aguilar, J. y Mayorga, J (2013).

$$F = \frac{1}{1+\beta} + \frac{1}{2*n} + \frac{\sqrt{\beta - 1}}{6*n^2} \qquad \textbf{Ec. (16)}$$

F es función de n (número de derivaciones o emisores) y del régimen hidráulico que es el exponente de la fórmula. Dichos valores de F pueden determinarse mediante la Tabla de Coeficientes de Christiansen en **ANEXO 5**.

Luego se calculan las pérdidas incluyendo el factor, así lo demuestra la **Ec. (17)**

$$H = F * H_f \qquad \textbf{Ec. (17)}$$

Donde F es el factor de Christiansen sacado de la tabla tomando en cuenta el número n de orificios a lo largo del lateral y Hf son las pérdidas si el sistema no contara con salidas múltiples en el lateral.

- **Cálculo del caudal de riego**

El caudal que debe entregar la bomba para el riego de las zonas verdes está determinado según Aguilar, J. y Mayorga, J (2013) por la cantidad de aspersores ubicados por el gasto volumétrico así se expresa en la **Ec. (18)**

$$Q = N * q \qquad \text{Ec. (18)}$$

Donde N es el número de aspersores y q es el gasto en m^3/s.

- **Intensidad de aplicación**

Se calculó la intensidad de aplicación dividiendo el caudal del aspersor entre el marco de riego según Urbina y Funez (2023) en la **Ec. (19)**

$$I_a = \frac{Q_i}{E_i \; x \; E_s} \qquad \text{Ec. (19)}$$

Donde:

$Q_i = caudal\ del\ aspersor\ \left(\frac{m^3}{s}\right)$

$E_i \; x \; E_s = marco\ de\ riego\ (m^2)$

4.4.14. Diseño del sistema de Bombeo

Para la elección de la bomba se realizaron los cálculos hidráulicos necesarios considerando el caudal requerido por los aspersores para el riego de las zonas verdes además del uso consuntivo del césped y la disponibilidad del agua captada en la pila de almacenamiento.

Con base en estos parámetros, se seleccionó una bomba centrífuga que permitiera un suministro eficiente, estableciendo la altura manométrica total requerida para el sistema.

La **Tabla 9.** presenta las velocidades de flujo recomendadas para fluidos especializados, las cuales son aplicables a sistemas generales de distribución de fluidos.

Tabla 9.

Velocidades de flujo recomendadas para sistemas especializados

Tipo de servicio	Rango de velocidad recomendado	
	ft/s	m/s
Líneas de succión	2 a 4	0.6 a 1.2
Líneas de retorno	4 a 13	1.5 a 4
Líneas de descarga	7 a 25	2.1 a 7.6

Nota. extraído de (Mott,2015)

Dentro de los parámetros de diseño se encuentra la carga total de la bomba definido como la energía añadida al fluido mediante un dispositivo mecánico, como se presenta en la **Ec. (20).**

$$h_a = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + z_2 - z_1 + \frac{{v_2}^2 - {v_1}^2}{2g} + h_L \qquad \textbf{Ec. (20)}$$

Donde:

$P = Presión\ del\ fluido\ en\ el\ punto\ 1\ y\ 2\ (Pa)$

$z = Nivel\ del\ fluido\ entre\ dos\ puntos\ (m)$

$v = Velocidad\ entre\ dos\ puntos\ \left(\frac{m}{s^2}\right)$

$\gamma = Peso\ específico\ del\ fluido\ \left(\frac{N}{m^3}\right)$

$h_L = pérdidas\ por\ fricción\ en\ las\ tuberías\ o\ pérdidas\ menores\ (m)$

Para el cálculo de pérdidas por fricción en tuberías se usó la ecuación de Hazen Williams para pérdidas de energía como se muestra a continuación en la **Ec. (21)**.

$$h_f = 10.67 * \frac{L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}}$$ **Ec. (21)**

Donde:

$h_f = Pérdida\ de\ carga\ (m)$

$L = Longitud\ de\ tubería\ (m)$

$Q = Caudal\ \left(\frac{m^3}{s}\right)$

$D = Diámetro\ interior\ (m)$

$C = coeficiente\ de\ fricción\ (PVC\ \approx 150)$

Además, en los laterales se calcularon las pérdidas por fricción teniendo en cuenta el factor de Christiansen mediante la **Ec. (14)**.

Además, se calculó la potencia de la bomba que es la rapidez con la que se realiza el trabajo, así lo demuestra Mott (2015) en la **Ec. (22)**.

$$P_A = h_a \gamma Q$$ **Ec. (22)**

Donde:

$P_A = Potencia\ hidraulica\ (W)$

$\gamma = Peso\ específico\ del\ fluido\ \left(\frac{N}{m^3}\right)$

$h_a = carga\ total\ dinámica\ (m)$

$Q = rapidez\ del\ flujo\ o\ gasto\ volumétrico\ \left(\frac{m_3}{s}\right)$

Sin embargo, para calcular la potencia real de la bomba se debe de tomar en cuenta la eficiencia de la bomba según el fabricante, así se determina en la **Ec. (23).**

$$P_{real} = \frac{P_A}{\eta}$$ **Ec. (23)**

Donde:

$\eta = Eficiencia\ de\ la\ bomba\ (entre\ 0.6\ y\ 0.85\ según\ el\ fabricante)$

En la aplicación de bombas centrífugas se tomó en cuenta la carga de succión positiva neta mejor conocida como $NPSH$, cuya función a desempeñar según Mott (2015) se basa en los aspectos básicos como:

- Evitar una condición llamada cavitación, debido a sus extremos efectos perjudiciales de la bomba.

- El efecto de la presión de vapor del fluido que se bombea sobre el establecimiento de la cavitación.
- Las consideraciones de diseño de los sistemas de tuberías que afectan a la NPSH.
- Se debe satisfacer la $NPSH_R$ de la bomba seleccionada.

Es esencial que el diseño del sistema de tuberías que conduce a la bomba, llamado línea de succión, permita el flujo completo de líquido a través de la bomba y en la línea de descarga.

Los fabricantes de bombas prueban cada diseño de bomba para determinar el nivel de presión de succión necesario para evitar la cavitación, reportando el resultado como la carga de succión positiva neta requerida para la bomba en cada condición operativa, es decir, el caudal y la carga total sobre la bomba. Es por esto que la $NPSH_A$ debe de ser significativamente mayor a $NPSH_R$.

Se presenta en la **Ec. (24)** el cálculo de la carga de succión positiva neta disponible,

$$NPSH_A = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp} \qquad \textbf{Ec. (24)}$$

Donde:

$h_{sp} = carga\ de\ la\ presión\ estática\ absoluta\ por\ encima\ del\ líquido\ (m)$

$h_s = Diferencia\ de\ elevación\ entre\ el\ nivel\ de\ fluido\ y\ la\ línea\ de\ succión\ (m)$

$h_f = pérdida\ de\ carga\ \ de\ succión\ por\ pérdidas\ de\ fricción\ y\ menores\ (m)$

$h_{vp} = carga\ de\ presión\ de\ vapor\ del\ líquido\ a\ la\ temperatura\ de\ bombeo\ (m)$

En los problemas de diseño establecidos por Mott (2015) la diferencia entre la $NPSH_A$ y la $NPSH_R$ debe de ser mínima del 10%.

$$NPSH_A > al\ 1.10\ NPSH_R$$

4.4.15. Dimensionamiento del Tanque Hidroneumático

Para el dimensionamiento del tanque a presión los parámetros de cálculo serán el caudal de bombeo (Q_b), los ciclos de bombeo por hora (U) y las presiones de operación.

El ciclo de bombeo por hora representa el tiempo transcurrido entre los arranques consecutivos de la bomba en un intervalo de una hora. Se recomienda que sean de 4 a 6 arranques por hora. El ciclo de bombeo se calcula por la **Ec. (25)**

$$TC = \frac{1\ hora}{U} \qquad \textbf{Ec. (25)}$$

Donde:

$TC = Ciclo\ de\ bombeo$

$U = Número\ de\ arranques\ (considerando\ de\ 4\ a\ 6)$

El volumen útil según Zelaya (2018) se define como el volumen utilizable del volumen total del tanque y representa la cantidad de agua a suministrar entre la presión máxima y la presión mínima, este se determina en la **Ec. (26)**.

$$V_u = \frac{TC * Q_b}{U} \qquad \textbf{Ec. (26)}$$

Donde:

$Q_b = Caudal\ de\ bombeo\ \left(\frac{L}{s}\right)$

$TC = Ciclo\ de\ bombeo$

$V_u = volumen\ útil\ del\ tanque\ (L)$

$U = Número\ de\ arranques$

Asimismo, el volumen total del tanque a presión a utilizar, se calcular a partir de la **Ec. (27):**

$$V_t = \frac{V_U}{V_{UP}/100} \qquad \textbf{Ec. (27)}$$

Donde:

$V_t = Volumen\ total\ del\ tanque\ presurizado\ (L)$

$V_U = Volumen\ útil\ del\ tanque\ presurizado\ (L)$

$V_{UP} = Porcentaje\ del\ volumen\ útil\ (\%)$

El porcentaje del volumen útil está representado por la relación del 90% del volumen total del tanque y la presión utilizable comprendida entre la presión máxima y mínima en porcentaje como se muestra en la **Ec. (28).**

$$V_{UP} = 90\% * \frac{(P_{máx} * P_{mín})}{P_{mín}} \qquad \textbf{Ec. (28)}$$

Donde:

$V_{UP} = porcentaje\ del\ volumen\ útil\ (\%)$

$P_{máx} = Presión\ máxima\ del\ sistema\ (Pa)$

$P_{mín} = Presión\ mínima\ del\ sistema\ (Pa)$

4.5. Tratamiento del agua de lluvia

El agua pluvial recolectada en los techos de los edificios 27EDF-01 e IES-09 se sometió a análisis conforme a los parámetros establecidos en la normativa nacional para el uso del agua en riego agrícola, en el marco de la Ley General de Aguas Nacionales (Ley No. 620, aprobada en 2007). Se evaluarán indicadores clave de calidad, como turbidez, pH, CE, SST, ST, color real, nitrato, dureza total y cálcica, hierro, manganeso, nitrógeno, fósforo, DBO y DQO.

4.6. Materiales y costos del sistema

Los materiales y costos de un proyecto de captación de agua de lluvia tienen en consideración insumos necesarios para la construcción y operación del sistema. Entre ellos se contemplan: estructuras de captación (canales, techos o superficies impermeables), sistemas de conducción (tuberías, canaletas), almacenamiento (tanques, reservorios), materiales de revestimiento, y elementos complementarios como válvulas, filtros y bombas en caso de ser requeridas.

En Nicaragua se han realizado investigaciones, sin embargo, no se han calculado los costos de un sistema de captación de agua de lluvia, ya que se han aprovechado los canales de los techos y con tubos PVC se ha dirigido a barriles donde se almacena el agua destinada para usos domésticos.

V. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

5.1. Captación para la recolección de agua de lluvia

5.1.1. Cálculo de precipitación de diseño

La precipitación aprovechable muchas veces en zonas con variabilidad climática tiende a ser irregular, por lo que el 50% de las veces se excede el promedio de precipitación mensual en un rango de meses evaluados mientras que el 50% está por debajo del promedio, es por esto por lo que no es recomendable utilizar el valor promedio mensual para un referente en el dimensionamiento de la estructura de captación destinada a suplir una demanda.
En situaciones de muy elevada variabilidad y vulnerabilidad, se pueden utilizar excedencias de hasta 80% o 90%.

En la **Tabla 10** se presentan los resultados del cálculo de precipitación utilizando la **Ec. (1)** con una excedencia del 75% evaluando 11 años de precipitación.

Tabla 10.

Precipitación media mensual con probabilidad de ocurrencia 75% en mm.

Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2014	3	1	0	0	31	73	57	196	217	194	54	0
2015	0	0	1	53	59	335	35	46	129	106	49	0
2016	0	0	1	22	124	238	35	78	160	275	42	14
2017	1	0	0	11	293	136	149	173	156	304	66	20
2018	0	12	0	30	129	121	61	96	127	433	9	5
2019	0	0	0	0	203	98	82	80	234	424	13	2
2020	1	3	0	0	196	163	108	186	290	234	304	6
2021	2	0	12	10	21	64	184	156	137	101	32	1
2022	0	10	0	60	299	283	184	199	501	242	87	2
2023	2	5	60	2	43	172	56	203	17	312	261	1
2024	0	0	1	1	149	318	228	125	388	236	242	51
P75	**2**	**6**	**19**	**32**	**207**	**248**	**153**	**178**	**306**	**333**	**178**	**20**

Nota. Los valores están expresados en milímetros (mm). P75 = percentil 75. Elaboración propia utilizando funciones estadísticas de Excel.

Como se observa en la tabla anterior, existe una notable variabilidad climática, ya que durante los meses de julio, agosto y septiembre las precipitaciones presentan un comportamiento disperso, con valores que difieren considerablemente del promedio mensual.

Para analizar esta variabilidad, se aplicó el método gráfico propuesto por la FAO (2013), con el fin de verificar si la probabilidad de ocurrencia es adecuada al considerar el percentil P75.

La probabilidad de ocurrencia se obtuvo mediante la ecuación del ajuste de la curva, procurando que las observaciones se aproximaran al máximo a su tendencia teórica. **(Ver ANEXO 4.1)**

La probabilidad que presenta el mejor ajuste al modelo estadístico corresponde al promedio de las cinco precipitaciones más bajas registradas en el periodo observado.

$$Promedio\ de\ Precipitaciones\ más\ bajas = \frac{1022.9 + 987 + 825.6 + 813.8 + 719.2}{5}$$

$$Promedio\ de\ Precipitaciones\ más\ bajas = 873.7\ mm$$

De la curva de ajuste, la probabilidad de ocurrencia que mejor se adapta al modelo es del 80 %, correspondiente a un valor de precipitación 877,069 mm que es lo que se recolectaría anualmente. En la **Tabla 11** se presentan las probabilidades de ocurrencia para el acumulado anual del periodo observado.

Tabla 11.
Probabilidad de ocurrencia acumulado anual, período (2014-2024)

P80	877.069
P75	904.67
P50	1078.136

Nota. Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

Se calculó la probabilidad de ocurrencia de lluvia para todos los meses del año, desde enero hasta diciembre, considerando el periodo de estudio establecido detallado en la **Tabla 12** aplicando el método gráfico con sus respectivas curvas de ajuste. **(Ver ANEXO 4.1-4.13)**

Tabla 12.

Valores de precipitación P50, P75 y P80 en mm mes-1

Probabilidad de ocurrencia	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
P80	0	0	0	0	62	105	52	100	102	176	20	0
P75	0	0	0	1	69	112	57	103	112	184	27	0
P50	1	2	2	11	113	155	88	126	175	231	75	5

Nota. Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996). P75=Percentil 75, P80 =Percentil 80, P50=Percentil 50.

5.1.2. Precipitación efectiva

La precipitación efectiva mensual se presenta en la **Tabla 13**, mostrando la cantidad máxima que puede ser captada por el sistema cada mes en los meses que se presentan precipitaciones de mayo a noviembre.

Tabla 13.

Precipitación efectiva mensual (mm)

Probabilidad de ocurrencia	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Máximo
P80	61.9	104.7	52.5	99.8	102.5	176.2	19.7	176.2
PE	**27.1**	**58.7**	**21.5**	**54.8**	**57.0**	**116.0**	**1.8**	**116.0**

Nota. Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996). P80=Percentil 80, PE= Precipitación efectiva, Máx=Valor máximo.

5.1.3. Escorrentía

En el presente estudio, la estimación de la escorrentía se realiza según la **Ec. (5)** con base en la precipitación efectiva de diseño y en el área de captación correspondiente a los edificios seleccionados, aplicando un coeficiente de escorrentía representativo del concreto del que están hechos los edificios. Este coeficiente refleja la eficiencia con la que la superficie convierte la lluvia en escorrentía y constituye un factor clave para determinar el volumen potencialmente aprovechable en el sistema.

$$Escorrentía = C \times Lluvia$$

$$Escorrentía = 0.95 \times \left(\frac{337\ mm \times 1m}{1000mm}\right) = \mathbf{0.320\ m}$$

5.1.4. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es un parámetro fundamental en el diseño de sistemas de tratamiento, ya que permite estimar el caudal pico que llegará al sistema durante un evento de lluvia. Para su cálculo, la longitud difusa se determinó a partir de los planos de los Edificios 27EDF-01 en 45.77m e IES-09 con 10.621m. Asimismo, se utilizó el coeficiente de retardo de escorrentía de 0.012 mostrado en la **Tabla 5**, considerando una declividad media del 1 %, dado que los techos presentan características horizontales.

Dado que se trata de un área de captación significativa, se adoptaron los parámetros de diseño: TR = 25 años, duración de la lluvia T = 15 minutos e intensidad de lluvia i = 151.6 mm/h, según la curva IDF presentada en el **ANEXO 6**.

Aplicando la **Ec. (6)** para el **Edificio 27EDF-01 e IES-09** se obtienen los resultados de la **Tabla 14.**

Tabla 14.

Tiempo de concentración de lluvia en los edificios 27EDF-01 e IES-09

Código de los edificios	Tc (min)
Edificio 27EDF-01	17.665
Edificio IES-09	10.854

5.1.5. Área de Captación

En la **Tabla 15** se presenta el resumen del cálculo de las áreas correspondientes a los edificios seleccionados.

Tabla 15*.*

Cálculo de áreas de edificios 27EDF-01 e IES-09

Código de los edificios	Área (m²)	Perímetro (m)	Material del techo
Edificio 27EDF-01	2456.1841	371.0854	Concreto
Edificio IES-09	898	125.1832	Concreto
Total	**3354.184**	**496.267**	

Nota. Elaboración propia extraído de (Autocad. Universidad Nacional de Ingeniería, Área de Arquitectura. (2025). Plano arquitectónico del RUSB).

Con base en los datos obtenidos, el área efectiva de captación, según Zelaya (2018), corresponde a la sumatoria de las áreas de proyección horizontal de los techos. El total del área efectiva de captación sería de 3354.184 metros cuadrados.

5.1.6. Conducción de agua al depósito de almacenamiento

Para el **Edificio 27EDF-01** se conducirá el agua pluvial al tanque de almacenamiento mediante un tramo de tubería de 4 pulgadas de 100 metros de tubería lineal para cada una de las conducciones a las cisternas de almacenamiento, sumando un total de 200 m. Los accesorios necesarios para la conducción del agua se presentan en la **Tabla 16**.

Tabla 16.

Requerimiento de accesorios para Tramo de tubería de 4 plg- Edificio 27EDF-01

Accesorios de tubería	Cantidad
Codo 45°	12
Codo 90° largo	12

Para determinar la velocidad de conducción del agua pluvial en las tuberías de 4 pulgadas, primero se calculó el caudal de diseño de los edificios mediante le **Ec.**

(14), posteriormente, dicho caudal se empleó para estimar la velocidad del flujo a través de la tubería.

Para el **Edificio 27EDF-01**,

$$Q_{d-27EDF-01} = \frac{2456.1841 * 151.6 * 0.95}{3600 * 1000} = 0.098 \frac{m^3}{s}$$

La velocidad se calculó mediante la **Ec. (13)**,

$$Q = A * v$$

$$\frac{Q}{A} = v$$

$$\frac{0.098 \frac{m^3}{s}}{20\ tubos * \left(\frac{\pi * (0.1016)^2}{4}\right)} = v$$

$$0.6 \frac{m}{s} = v$$

Para el edificio IES-09 se determinó la necesidad de 90 metros de tubería lineal de 3 pulgadas para la conducción a las cisternas de almacenamiento en los costados sur y norte. Se calculó el caudal mediante la ecuación de continuidad**,**

$$Q_{d-IES-09} = \frac{898 * 151.6 * 0.95}{3600 * 1000} = 0.036 \frac{m^3}{s}$$

La velocidad se calculó mediante la **Ec. (13)**

$$\frac{0.036 \frac{m^3}{s}}{8\ tubos * \left(\frac{\pi * (0.069)^2}{4}\right)} = v$$

$$1.203 \frac{m}{s} = v$$

Los accesorios necesarios para su adecuada conducción se describen en la **Tabla 17.**

Tabla 17.

Requerimiento de accesorios para Tramo de tubería de 3 plg- Edificio IES-09

Accesorios de tubería	Cantidad
Codo 90° largo	2

5.1.7. Volumen de Captación

Para la estimación del volumen de captación se contempla una precipitación efectiva de 337 mm, correspondiente a la lluvia de diseño determinada para el sitio de estudio.
De la **Ec. (4)** se calcula el volumen de captación sin considerar la parte de la ecuación que incluye la precipitación por área de siembra ya que esta precipitación no se almacena, se infiltra en el suelo y beneficia directamente a las plantas. Asimismo, se adoptó un coeficiente de escorrentía de 0.95 para las cubiertas de concreto, valor representativo de superficies lisas e impermeables, con el cual se aplicó la ecuación para la estimación del volumen total de agua captada. Se tomó el área calculada de la **Tabla 15**.

Aplicando la ecuación para el **Edificio 27EDF-01**,

$$V_{c-27EDF01} = P_e \times A_c \times C_e$$

$$V_{C-27EDF01} = \left(\frac{337\ mm \times 1m}{1000mm}\right) \times 2456.184\ m^2 \times 0.95$$

$$\boldsymbol{V_{C-27EDF01} = 786.35\ m^3}$$

De igual manera, se aplica para el volumen de captación del **Edificio IES-09**,

$$V_{c-IES-09} = P_e \times A_c \times C_e$$

$$V_{c-IES-09} = \left(\frac{337\ mm \times 1m}{1000mm}\right) \times 898\ m^2 \times 0.95$$

$$\boldsymbol{V_{c-IES-09} = 287.49\ m^3}$$

5.1.8. Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

El volumen del tanque está determinado por el volumen de captación. Para el edificio IES-09 el volumen es de $287.49\ m^3$. Dado que los bajantes se encuentran ubicados en el costado norte y sur del edificio se ubicarán dos tanques para el abastecimiento del riego de las zonas sur, oeste y este. Cada tanque tendrá un volumen de $145\ m^3$cada uno.

En el caso del edificio 27EDF-01 se cuenta con un volumen de captación de $786.35\ m^3$. Las zonas de riego se encuentran al este y oeste del edificio, sin embargo, la mayor concentración de escorrentía pluvial se registra en las zonas centrales. Por ello, se prevé la instalación de dos tanques de 395 m³ para la captación principal.

Se procede a calcular las dimensiones de cada uno de los edificios partiendo de 4 metros, según Zelaya (2018), se recomienda una proporción de largo (B) dos veces el ancho (A).

Para el **edificio IES-09**,

$$V = A * B * H$$

$$145\ m^3 = A * 2A * H$$

$$145\ m^3 = 2A^2 * 4$$

$$A = \sqrt{\frac{145}{8}} = 4.257\ m$$

$$B = 8.515\ m$$

Para el **edificio 27EDF-01**,

- Cisternas, capacidad: $395\ m^3$

$$V = A * B * H$$

$$395\ m^3 = 2A * A * H$$

$$A = \sqrt{\frac{395}{8}} = 7.027\ m$$

$$B = 2 * 8.61\ m = 14.053\ m$$

Se presentan los resultados en la Tabla 18.

Tabla 18.

Resultados de Dimensionamiento de Cisternas rectangulares para los edificios

Edificio	Cantidad	A	B	H
27EDF-01	2	7.027	14.053	4
IES-09	2	4.257	8.515	4

5.2. Diseño del sistema de riego

5.2.1. Balance hídrico

El balance hídrico permite determinar la disponibilidad y demanda de agua a lo largo del tiempo considerando las pérdidas por evaporación, infiltración y escorrentía. De la **Ec. (8)** se calcula la precipitación recibida por el suelo.

Sin embargo, Considerando el valor de radiación descrito en la Tabla de Radiación solar terrestre en **ANEXO 7** para cada año por mes, considerando el valor de escorrentía calculado anteriormente, se tienen los resultados de precipitación recibida por el suelo en la **Tabla 19**.

Tabla 19.

Precipitación recibida por el suelo considerando Evapotranspiración periodo (2014-2024)

Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2014	12	14	15	17	15	14	14	13	12	11	11	12
2015	13	14	15	16	15	14	13	14	13	12	12	12
2016	13	14	15	16	15	13	13	14	13	11	13	11
2017	13	14	15	16	15	13	13	13	12	11	12	12
2018	13	13	16	16	14	13	14	13	12	11	12	13
2019	12	13	15	16	16	14	13	13	13	11	12	12
2020	13	14	14	17	15	13	13	13	12	11	11	12
2021	12	14	16	16	15	15	14	13	12	12	12	12
2022	13	14	15	15	14	13	13	13	12	12	11	12
2023	13	14	15	16	16	14	13	14	13	12	11	12
2024	13	15	16	15	16	14	13	13	12	12	12	12
Promedio (mm/mes)	**13**	**14**	**15**	**16**	**15**	**14**	**13**	**13**	**12**	**12**	**12**	**12**
Máximo (mm/mes)	**13**	**15**	**16**	**17**	**16**	**15**	**14**	**14**	**13**	**12**	**13**	**13**
Precipitación recibida por el suelo (mm/mes)	**13**	**14**	**16**	**16**	**15**	**14**	**14**	**13**	**13**	**12**	**12**	**12**

5.2.2. Demanda de agua para riego

La demanda de agua para riego es un parámetro fundamental en el diseño de sistemas de recolección de agua de lluvia, ya que permite determinar la viabilidad y eficiencia del sistema. A partir de este valor se establece la cantidad de agua necesaria para cubrir las necesidades de riego de las áreas verdes y se evalúa si el volumen de agua captada es suficiente para satisfacer dicha demanda durante los periodos secos. A través de la **Ec. (12)** se calcula la necesidad de agua para riego.

Tabla 20.

Necesidad de agua para riego por mes. Periodo (2014-2024)

Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2014	96	105	112	119	85	48	81	46	39	-26	89	96
2015	97	104	112	116	82	46	77	47	42	-22	92	96
2016	101	103	109	115	83	41	80	49	41	-25	96	90
2017	99	105	109	116	82	42	77	42	37	-27	94	93
2018	99	100	114	113	79	39	81	43	38	-25	90	97
2019	96	101	109	116	85	46	80	46	40	-26	92	95
2020	98	105	107	119	85	40	79	45	38	-26	88	95
2021	95	104	116	113	82	49	81	46	38	-25	92	96
2022	99	105	110	111	80	38	76	42	36	-24	88	91
2023	99	104	108	115	88	48	79	48	45	-21	86	96
2024	97	112	115	112	86	45	78	42	39	-24	91	96
Promedio (mm/mes)	**98**	**104**	**111**	**115**	**83**	**44**	**79**	**45**	**39**	**-25**	**91**	**95**
Pe (mm/mes)	**0**	**0**	**0**	**0**	**27**	**59**	**21**	**55**	**57**	**116**	**2**	**0**

Como se observa en la **Tabla 20**, la precipitación pluvial no es suficiente para satisfacer completamente la necesidad de riego. Sin embargo, se analizará el tiempo de riego y la intensidad de aplicación para ver cuánto se podría cubrir con lo cosechado según la **Tabla 21**.

Tabla 21.

Volumen de riego según necesidades de cultivo

Años	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2014	96	105	112	119	85	48	81	46	39	-26	89	96
2015	97	104	112	116	82	46	77	47	42	-22	92	96
2016	101	103	109	115	83	41	80	49	41	-25	96	90
2017	99	105	109	116	82	42	77	42	37	-27	94	93
2018	99	100	114	113	79	39	81	43	38	-25	90	97
2019	96	101	109	116	85	46	80	46	40	-26	92	95
2020	98	105	107	119	85	40	79	45	38	-26	88	95
2021	95	104	116	113	82	49	81	46	38	-25	92	96
2022	99	105	110	111	80	38	76	42	36	-24	88	91
2023	99	104	108	115	88	48	79	48	45	-21	86	96
2024	97	112	115	112	86	45	78	42	39	-24	91	96
Promedio (mm/mes)	**98**	**104**	**111**	**115**	**83**	**44**	**79**	**45**	**39**	**-25**	**91**	**95**
Volumen mensual de riego (m^3)	**105**	**111**	**119**	**123**	**89**	**47**	**84**	**48**	**42**	**0**	**97**	**101**

El requerimiento de riego anual 939.857 m³, mientras que el volumen de captación asciende a 1 073.84 m³. Esto deja una reserva disponible de 133.983 m³.

5.2.3. Cálculo de Caudal de Riego

El caudal de riego para cada una de las zonas se determinó mediante la **Ec. (18)** con las especificaciones del gasto de cada aspersor mencionado en la sección de selección del aspersor.

Tabla 22.

Cálculo de Caudal de riego edificio IES-09

Área de Riego	Número de aspersores	Caudal por aspersor (m^3/s)	Caudal total (m^3/s)
IO	18	6.39E-05	6.38E-04
IIO	15	6.39E-05	5.43E-04
IE	21	6.39E-05	8.15E-04
IIE	15	6.39E-05	5.11E-04
IIIE	15	6.39E-05	5.11E-04

El tipo de aspersor utilizado para el riego del edificio IES-09 fue el modelo serie 6-VAN cuyas especificaciones técnicas se encuentran en el **ANEXO 14.**

Tabla 23.

Cálculo de Caudal de riego edificio 27EDF-01

Área de Riego	Número de aspersores	Modelo del aspersor	Caudal por aspersor (m^3/s)	Caudal total (m^3/s)
IE	25	Serie 6-VAN	6.39E-05	8.86E-04
IIE, IIIE	24	Serie 12-VAN	1.33E-04	8.33E-04
IVE	1	Serie 10-VAN	1.47E-04	1.47E-04
VOE	22	Serie 6-VAN	6.39E-05	8.86E-04
VIOE	19	Serie 8-VAN	8.89E-05	1.28E-03
ION	13	5000-PLUS	4.72E-05	6.14E-04

Las especificaciones técnicas de los aspersores utilizados en el Edificio 27EDF-01 presentados en la **Tabla 23** se encuentran en el **ANEXO 12**.

5.2.4. Intensidad de aplicación

La intensidad de aplicación se calculó según la **Ec. (19)** para cada uno de los aspersores escogidos.

Tabla 24*.*

Intensidad de aplicación para los edificios 27EDF-01 e IES-09

Edificio IES-09	
Zona de Riego	**Intensidad de aplicación (mm/h)**
IIO, IIE, IIIE	41
IO, IE	41
Edificio 27EDF-01	
Zona de Riego	**Intensidad de aplicación (mm/h)**
IE	61
IIE, IIIE	41
IVOE	92
VOE	61
VIOE	63
ION	3

5.3. Tiempo de riego

El tiempo de riego se determinó a partir de la lámina de riego presentada en la **Tabla 21**. El mes con mayor requerimiento hídrico corresponde a abril, con una lámina de riego de 115 mm/mes, equivalente a 3.83 mm/día. A partir de este valor, el tiempo de riego se calculó dividiendo la lámina de riego diaria entre la intensidad de aplicación, obteniéndose así el tiempo necesario de operación para los diferentes aspersores.

Se presentan en la **Tabla 25** los resultados del cálculo de volumen de riego para cada uno de los edificios.

Tabla 25.

Cálculo del volumen de riego para los edificios seleccionados

Edificio IES-09				Edificio 27EDF-01			
Área de Riego	**Caudal total** (m^3/s)	**Tiempo de riego (s)**	**Volumen de riego** $(m^3/día)$	**Área de Riego**	**Caudal total**	**Tiempo de riego (s)**	**Volumen de riego** $(m^3/día)$
IO	6.38E-04	340.2	0.22	IE	8.86E-04	226.6	0.20
IIO	5.43E-04	340.2	0.18	IIE, IIIE	8.33E-04	337.3	0.28
IE	8.15E-04	340.2	0.28	IVE	1.47E-04	149.8	0.02
IIE	5.11E-04	340.2	0.17	VOE	8.86E-04	224.8	0.20
IIIE	5.11E-04	340.2	0.17	VIOE	1.28E-03	217.2	0.28
		Total	**1.03**	ION	6.14E-04	4684.7	2.88
						Total	**3.86**

Una vez determinado el volumen de riego, se procedió a establecer el número de meses durante los cuales se puede realizar el riego para cada uno de los edificios dejando una reserva de 50 metros cúbicos para evitar la cavitación de la bomba. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 26.**

Tabla 26.

Determinación de capacidad de riego

Edificio	Volumen de captación (m^3)	Volumen de reserva (m^3)	Total disponible (m^3)	Días de riego	Meses de riego
27EDF-01	786.35	50	736.35	256.044222	9
IES-09	287.49	50	237.49	231.308601	6

Se propone regar 3 días por semana por lo que para el edificio 27EDF-01 se regarían 17 meses con esta frecuencia y para el edificio IES-09 se regarían 15.4 meses.

5.4. Diseño hidráulico

5.4.1. Tubería principal y laterales

Se realizó el dimensionamiento de las tuberías para las distintas zonas de riego en los edificios 27EDF-01 e IES-09 considerando los caudales de cada una de las zonas. Se propuso una altura geométrica para la succión de 3.7 metros. **(Ver ANEXO 9,10)**

Los resultados del dimensionamiento de tuberías considerando una velocidad permisible de 1.5 m/s se detallan en la Tabla 27. **(Ver Anexo 11)**

Tabla 27.

Dimensionamiento de tuberías para edificios seleccionados

Edificio	Zona de Riego	Tipo de Tubería	Longitud de tubería (m)	Diámetro de tubería	Caudal (m^3/s)
IES -09	IE, IO	SUCCIÓN	1.2	1 1/4"	1.13E-03
		CONDUCTORA	19.52	3/4"	1.13E-03
		LATERAL	19.03	3/4"	1.25E-03
	IIO, IIE, IIIE	SUCCIÓN	1.2	1 1/2"	1.67E-03
		CONDUCTORA	37.1904	3/4"	1.42E-03
		LATERAL	17.04	3/4"	3.20E-04
27EDF-01	IVE, VOE, VIOE	SUCCIÓN	1.2	2"	2.31E-03
		CONDUCTORA	50	3/4"	2.03E-03
		LATERAL	20.756	3/4"	8.67E-04
	IE, IIE, IIIE	SUCCIÓN	1.2	1 1/2"	1.72E-03
		CONDUCTORA	46.74	3/4"	1.56E-03
		LATERAL	35.6	3/4"	5.19E-04

5.5. Diseño del sistema de Bombeo

5.5.1. Cálculo de pérdidas de energía

Se calcularon las pérdidas en la succión y descarga con la Ec. (21) para las diferentes zonas de riego considerando las pérdidas por accesorios.Las caídas de presión expresadas en metros de tubería de la presión de operación de los aspersores en m.c.a. se realizaron según sus fichas técnicas en **ANEXO 12.**

Los aspersores operan a una presión de 1.5 bar, lo que corresponde a 21.76 PSI cuya pérdida fue calculada en metros de columna de agua.

$$21.76\ PSI\ \times \frac{6894.76Pa}{1\ PSI} = 150029.978\ Pa$$

$$h_l = \frac{P}{\rho * g} = \frac{150029.978}{997\frac{kg}{m^3} * 9.81\frac{m}{s^2}} = 15.34\ m$$

Se presentan en la **Tabla 28** las pérdidas de energía por cada uno de los edificios seleccionados considerando el factor de corrección de Christiansen para los laterales según la **Ec. (17)**

Tabla 28.

Cálculo de pérdidas totales del sistema

Edificio	Zona de riego	Succión (m)	Presión operación (m.c.a)	Altura geométrica (m)	hl lateral (m)	hl conductora (m)	Total (m)
IES -09	IE, IO	0.20	15.29	3.70	0.50	5.81	25.39
	IIO, IIE, IIIE	0.98	15.29	3.70	0.11	13.24	33.32
27EDF-01	IVE, VOE, VIOE	0.35	15.29	3.70	0.41	11.03	30.78
	IE, IIE, IIIE	0.47	15.29	3.70	0.38	7.01	26.85

5.5.2. Carga Total Dinámica de la Bomba

En el cálculo de la carga total dinámica de la bomba se consideran tanto las pérdidas de energía por fricción y accesorios como la diferencia de elevación del sistema. Estos componentes representan la energía que la bomba debe suministrar para impulsar el agua desde la succión hasta la descarga, que en este caso corresponde a la alimentación del sistema de riego.

En la Tabla 29 se presentan los resultados del cálculo de la carga total dinámica para el dimensionamiento de las bombas.

Tabla 29.

Cálculo de Carga Total Dinámica del sistema

Edificio	Zona de riego	Succión (m)	Descarga (m)	Hf accesorios (m)	Carga Total Dinámica (m)
IES-09	IIO, IIE, IIIE	0.978	25.286	0.999	34.316
	IO, IE	0.204	32.330	0.765	26.265
27EDF-01	IVE, VOE, VIOE	0.352	30.428	0.92	31.71
	IE, IIE, IIIE	0.47	26.38	0.81	27.65

5.5.3. Potencia de la Bomba

A partir del **ANEXO 13** se determinó el peso específico del agua, $\gamma = 9.78\ kN/m^3$. El caudal requerido para cada zona de riego se calculó en el Acápite 7.2.3, mientras que la Carga Dinámica Total se obtuvo en el acápite anterior. Aplicando la **Ec. (22)** se determinó la potencia teórica de la bomba, y considerando una eficiencia del 70 %, la **Ec. (23)** permitió calcular la potencia real necesaria para su operación.

Los resultados de la potencia de la bomba se presentan en la **Tabla 30**.

Tabla 30.

Cálculo de Potencia real de la Bomba

Edificio	Zona de riego	Potencia de la Bomba (KW)	Potencia real de la bomba (hp)
IES-09	IIO, IIE, IIIE	0.48	0.65
	IO, IE	0.80	1.06
	IVE, VOE, VIOE	1.05	1.40
27EDF-01	IE, IIE, IIIE	0.70	0.94

La $NPSH_a$ de las bombas se calculó utilizando la **Ec. (24),** considerando que todas las bombas se encuentran a la misma elevación respecto al depósito. Se asumió que la presión en el depósito de almacenamiento es igual a la presión atmosférica, $P_{Atm} = 101.3\ KPa$.

$$h_{sp} = \frac{P}{\rho * g} = \frac{101300\ Pa}{997\ \frac{Kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2}} = 10.357m$$

Para el edificio IES-09 se presentan los resultados en la Tabla 31.

Tabla 31.

Cálculo de NPSHa de Bombas – Edificio IES-09

Zona de riego	hsp	hs	hf	NPSHa
IIO, IIE, IIIE	10.357	3.7	0.204	13.85
IO, IE	10.357	3.7	0.98	13.077

Asimismo, se presentan en la Tabla 32. los resultados para el edificio 27EDF-01.

Tabla 32.

Cálculo de NPSHa de Bombas – Edificio 27EDF-01

Zona de riego	hsp	hs	hf	NPSHa
IVE, VOE, VIOE	10.357	3.7	0.35	13.707
IE, IIE, IIIE	10.357	3.7	0.47	13.587

Del **ANEXO 12.3** para las bombas centrífugas el $NPSH_{req}$ es de 8. Por lo que se cumple que,

$$NPSH_A\ > al\ 1.10\ NPSH_R$$

$$13 > 8.8$$

Las bombas seleccionadas son dos bombas de 1.5 HP y dos bombas de 1 HP (**Ver ANEXO 12.3-12.4**)

5.5.4. Dimensionamiento del tanque hidroneumático

Los resultados del diseño del tanque hidroneumático usando las Ec. (26-27) se presentan en la Tabla 33. para los edificios correspondientes considerando 4 arranques.

Tabla 33.

Dimensionamiento de Tanque Hidroneumático

Edificio	**IES-09**				**Edificio**	**27EDF-01**			
Zona de riego	**Caudal total (m^3/s)**	**TC (s)**	**Vu (m^3)**	**Vt(m^3)**	**Zona de riego**	**Caudal total (m^3/s)**	**TC (s)**	**Vu (m^3)**	**Vt (m^3)**
IIO, IIE, IIIE	1.67E-03	1800	0.752	3	IVE, VOE, VIOE	2.31E-03	1800	1.040	4
IO, IE	1.13E-03	1800	0.509	2	IE, IIE, IIIE	1.72E-03	1800	0.774	3

5.6. Tratamiento de agua de lluvia

De acuerdo con los estudios realizados en el Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del ambiente sobre la calidad del agua de lluvia, se determinó que esta no requiere la incorporación de sistemas de filtración ni la aplicación de etapas de tratamiento posteriores dentro del sistema propuesto. Los análisis evidencian que el agua de lluvia presenta características fisicoquímicas compatibles con su uso para riego de áreas verdes, siempre que se destine a fines no potables. **(Ver ANEXO 14)**

5.7. Costos y Presupuesto

En la Tabla 34. Se detallan los costos materiales y de obra civil para el proyecto contemplado. Cabe mencionar que el detalle del presupuesto de construcción de las cisternas se encuentra en **ANEXO 15**. el cual fue consultado con un ingeniero civil quien proporcionó el takeoff del proyecto de construcción de cisternas según las dimensiones calculadas en el acápite de dimensionamiento del tanque de almacenamiento.

Los accesorios hidráulicos y tuberías fueron cotizados en SINSA, mientras que las bombas centrifugas fueron cotizadas en BOMONSA cuya cotización se presenta en el **ANEXO 16**. Asimismo, los tanques hidroneumáticos fueron cotizados en VFHidráulica por medios digitales.

Tabla 34.

Lista de materiales del sistema de cosecha de agua

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario (C$)	Costo Total (C$)
Conducción al sistema de almacenamiento				
Tubos 3" SDR 64	UN	16	394.32	6,309.12
Tubos 4" SDR 64	UN	34	409.00	13,906.00
Codos 3" largo x 90°	UN	4	60.89	243.56
Codos 4" largo x 45°	UN	12	68.11	817.32
Codos 4" largo x 90°	UN	12	106.00	1,272.00
			Total	22,548.00
Conducción al sistema de riego				
Tubos 1 1/2" SDR 26	UN	2	419.00	838.00
Tubos 1 1/4" SDR 26	UN	1	309.00	309.00
Tubos 2" SDR 26	UN	1	614.00	614.00
Tubos 3/4" SDR 26	UN	129	185.29	23,902.41
Codos 3/4" largo x 90°	UN	61	9.72	592.92
Tee 3/4"	UN	171	14.00	2,394.00
			Total	28,650.33
Conexión flexible del aspersor				
Aspersores spray 1804	UN	176	286.35	50,397.60
Boquillas 6-VAN	UN	131	160.00	20,960.00
Boquillas 8-VAN	UN	19	171.00	3,249.00
Boquillas 10-VAN	UN	1	159.00	159.00
Boquillas 12-VAN	UN	12	171.00	2,052.00
Boquillas 5000 PLUS	UN	13	600.00	7,800.00
Pegamento PVC	GAL	1	479.00	479.00
Teflon industrial	ROLLO	4	23.00	92.00
			Total	85,188.60

Nota. Fuente: extraído de SINSA.com y VFHidráulica.com

		Sistema de Bombeo		
Bomba centrifuga 1HP	UN	2	7,357.82	14,715.64
Bomba centrifuga 1.5 HP	UN	2	8,279.00	16,558.00
Tanque hidroneumático	UN	4	4,719.00	18,876.00
Válvula de pie con filtro	UN	4	1,763.83	7,055.32
Válvula de compuerta abierta	UN	4	1,959.00	7,836.00
			Total	65,040.96
		Obras civiles		
Construcción de cisterna 4.257 x 8.515x 4 mts		2	74,903.16	149,806.32
Construcción de cisterna 7.027 x 14.053 x 4 mts		2	179,180.31	358,360.62
			Total	508,166.94
Costo total del proyecto (C$)				709,594.83
Tasa de cambio				36.62
Costo total del proyecto (US$)				19,377.25

Nota. Fuente: extraído de SINSA.com y VFHidráulica.com

El costo total del proyecto asciende a C$ 709,594.83, lo que equivale a US$ 19,377.25, considerando una tasa de cambio de 36.62 C$/US$.

Del análisis del presupuesto se observa que los mayores costos corresponden a las obras civiles, específicamente a la construcción de las cisternas.

VI. CONCLUSIONES

- El potencial de captación de agua pluvial para el edificio IES-09 se estimó en 290 m³, de los cuales se prevé aprovechar 240 m³ para el riego de un área verde de 238 m². De manera similar, para el edificio 27EDF-01 se determinó un volumen disponible de 786.35 m³, de los cuales se utilizarán 736 m³ para el riego de 830 m² de áreas verdes. En cuanto al diseño del sistema de riego, se estableció una lámina de aplicación de 3.83 mm/h para el edificio IES-09, mientras que para el edificio 27EDF-01 se definió una lámina promedio de 53 mm/h. Se determinó que se podría regar más de un año con el volumen captado.
- El sistema de recolección se basó en adaptar la estructura de bajantes ya existentes de los edificios y añadir metros lineales de tubería para conducir el agua pluvial captada a las cisternas de almacenamiento, para el edificio IES-09 se añadirán 90 metros lineales de tubería de 3 pulgadas y para el edificio 27EDF-01 se añadirán 200 metros lineales de tubería de 4 pulgadas. Se dimensionaron dos cisternas de 395 metros cúbicos para el edificio 27EDF-01 y dos cisternas de 145 metros cúbicos para el edificio IES-09 según el volumen de captación.
- El sistema de distribución fue diseñado bajo parámetros de velocidad de 1.5 m/s, por lo tanto, para la descarga de las bombas la tubería seleccionada fue de ¾ de pulgadas con una presión de entrada de la conductora de 20 PSI, mientras que para la succión fue de 1 ¼, 1 ½ hasta 2 pulgadas por el caudal del área de riego. El diseño del sistema permitió determinar 2 bombas de 1hp para el riego de las áreas verdes de la zona IIO, IIE y IIIE del edificio IES-09 y las zonas IE, IIE, IIIE del edificio 27EDF-01 mientras que para el riego de las zonas IO, IE del IES-09 y IVE, VOE, VIOE del 27EDF-01 se determinaron 2 bombas de 1.5 hp.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que futuros estudios incorporen un análisis de las características del suelo de las áreas verdes, incluyendo su textura, capacidad de retención de humedad y profundidad efectiva de raíces, con el fin de determinar de manera más precisa la lámina de riego requerida. Esta información permitiría calcular con mayor exactitud el volumen de agua necesario para satisfacer las necesidades hídricas de las plantas, optimizando el balance hídrico del sistema propuesto.
- Se sugiere incluir un análisis comparativo entre diferentes métodos de riego, tales como riego por aspersión, microaspersión y riego localizado, evaluando su eficiencia hídrica, requerimientos energéticos y compatibilidad con el uso de agua pluvial. Este enfoque permitiría ampliar el alcance del estudio y determinar alternativas que optimicen el aprovechamiento del recurso hídrico.
- Se recomienda realizar un análisis comparativo entre el consumo histórico de agua potable reflejado en los recibos de la institución y el volumen de agua que podría ser sustituido mediante el sistema de cosecha de agua de lluvia. Este análisis permitiría estimar el ahorro económico potencial derivado de la reducción en el uso de agua potable, fortaleciendo la evaluación del impacto económico del sistema desde una perspectiva académica.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, & Alvarez. (1975). Manual de Hidráulica . *Manual de Hidráulica* . Harla, México.

AECID. (2012). Manejo Integral de Agua y Suelo en centroamérica: Bases científicas para el desarrollo rural comunitario. Madrid , España.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Roma: FAO.

Aráuz Vargas, R. M., Siles Bucardo, S. A., & Castro Gutierrez, P. G. (05 de Febrero de 2021). Generación de tecnologías para el manejo sostenible del agua, caso de estudio Estación Experimental para el estudio del Trópico Seco “El Limón” . *Generación de tecnologías para el manejo sostenible del agua, caso de estudio Estación Experimental para el estudio del Trópico Seco “El Limón”* . Estelí, Nicaragua .

Ayala Flores, K. D., Gutiérrez, J. A., & Jarquín, C. C. (2024). *Manual técnico sobre la cosecha de agua como práctica agroecológica.* Universidad Nacional Agraria Managua, Nicaragua .

Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). Irrigation water quality guidelines. *Irrigation water quality guidelines.* Roma: FAO.

Basán Nickisch, M., Sánchez, L., Tosolini, R., Tejerina Diaz, F., & Jordan , P. (2017). Sistemas de captación de agua de lluvia para consumo humano, sinónimo de agua segura. *Aqua-LAC*, 15-25.

Bibopark. (s.f.). *Conoce cómo usamos el Agua Atmosférica*. Obtenido de https://ibizabotanicobiotecnologico.com/biotecnologia/agua-atmosferica/

CAPS NICARAGUA. (s.f.). Obtenido de Tecnología para la gestión sostenible del recurso hídrico: https://caps-nicaragua.org/media/adjuntos/25_marco_legal_del_agua.pdf

Castillo Hernández, E., Calderon Palma, H., Delgado Quezada, V., Flores Meza, Y., & Salvatierra Suárez, T. (2006). Situación de los recursos hídricos en Nicaragua. Managua, Nicaragua: Boletín Geológico y Minero.

CATIE. (s.f.). *Proyecto Cosecha de agua* . Obtenido de Proyecto Cosecha de agua : https://cosechadeagua.org/

Centro Español de Metrología. (2019). *El Sistema Internacional de Unidades.* España.

Chiarito , E., Zimmermann, E., & Méndez Zacarías, S. (2018). Metodologías para la estimación del coeficiente de escorrentía en áreas urbanizadas mediante teledetección. *Cuadernos del CURIHAM*, 24, 25-36.

CIRA. (2023). *UNAN-Managua impulsa proyecto para la disminución del consumo de agua potable.* Managua, Nicaragua: Unan, Managua.

Espinosa, M. L. (2016). *Situación del riego en Nicaragua .* Managua : Guía Agropecuaria.

FAO & CEPAL . (2000). *Los recursos hídricos de Nicaragua.* Obtenido de https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/5/12820625348650/fao_nic_recursoshidricos_cepal.pdf

FAO. (1986). Irrigation water management: Irrigation Scheduling . *Irrigation water management: Irrigation Scheduling* . Irrigation and Drainage Paper 24.

FAO. (2013). CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

Farfan Tintaya, S. L., & Larico Tupayachi, M. A. (2020). Identificación de acuiferos para la captación de agua subterránea mediante el estudio hidrogeológico del distrito de San Salvador-Cusco. Cusco, Perú.

Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación .* México D.F.: McGrawHill.

FONTAGRO. (2015). *FONTAGRO.ORG*. Obtenido de Caso 5: La cosecha del agua El Grial de la Agricultura Ecoeficiente: https://digital.fontagro.org/casos-exitosos-2015/caso-5-la-cosecha-de-agua/

Fundación Ecología y Desarrollo. (2000). *Guía práctica de xerojardinería.* Santa María Bilbao: Bakeaz.

Global Water Partnership. (2022). *Plan de Acción para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de Nicaragua (2022-2026).*

Gobierno de México. (16 de Junio de 2016). Técnicas de cosecha de agua . México.

Green turf. (s.f.). *IRRIGATION WATERING GUIDE.* Obtenido de https://greenturf.com/irrigation-watering-guidelines/

GWP-CA. (2006). *Situación de los recursos hídricos en Centroamérica: Hacia una gestión integrada .* San José, Costa Rica .

INETER.GOB. (s.f.). *INETER*. Obtenido de INETER: https://www.ineter.gob.ni/met.html

INTA.GOB. (s.f.). Obtenido de file:///C:/Users/User/Documents/COSECHA%20DE%20AGUA/Captacion_y_colecta_de_agua.pdf

Keller , J., & Bliesner , R. D. (1990). Sprinkler and Trickle Irrigation. *Sprinkler and Trickle Irrigation*.

LAGUNA SÁNCHEZ, S. D., & VELASQUEZ HERRERA, J. J. (10 de Diciembre de 2015). *ANTEPROYECTO DE DISEÑO DE UNA URBANIZACIÓN EN EL SECTOR ESTE DEL MUNICIPIO DE MANAGUA, COMARCA LAS CUAREZMAS.*

López Hernández, N., Palacios Vélez, O., Anaya Garduño, M., Chávez Morales, J., Rubiños Panta, J., & García Carillo , M. (2017). Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia: alternativa de abastecimiento hídrico. 1433-1439.

Marley. (s.f.). *Ficha técnica — Downpipes / Rainwater products.* Obtenido de Ficha técnica — Downpipes / Rainwater products.: https://marley.co.nz/wp-content/uploads/2013/11/What-size-spouting-and-downpipes-do-I-need-Full-article.pdf?utm_source=chatgpt.com

Mott, R. L. (2015). *Mecánica de fluidos.* México: PEARSON EDUCACIÓN.

P. Savva, A., Frenken, K., & FAO. (2002). Planning, Development Monitoring and Evaluation of Irrigated Agriculture with Farmer Participation. *Planning, Development Monitoring and Evaluation of Irrigated Agriculture with Farmer Participation*. AFRICA: SAFR.

Palacios, G., & Vázquez, Y. J. (23 de mayo de 2014). Evaluación de los Sistemas de captación de agua de lluvia en el casco urbano de Matagalpa, 2013. Matagalpa.

PHIPDA. (2003). Plan Hidrológico Indicativo Nacional y Plan Anual de Disponibilidad de Agua: Diagnóstico de los recursos hídricos por cuenca hidrográfica.

Pulver, E., Jaramillo, S., & Moreira, S. (s.f.). Cosechando el agua: Por más y mejores alimentos todo el año . *Cosechando el agua* .

Rodríguez, E. (2016). La problemática del agua en Nicaragua . *Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 261-282.

Ruiz Torres, J., Trejo Calzada , R., Pedroza Sandoval, A., & Vargas Trujillo, A. (2006). Análisis del Beneficio-costo en la captación agua de lluvia en el CAIS-URUZA-UACH, MÉXICO. *Programa Rebiza*, 175-177.

Silva Internacional . (s.f.). *SINSA.COM.* Obtenido de https://www.sinsa.com.ni/aspersores?_q=aspersores&map=ft

Soto, R. G. (11 de 12 de 2025). *Precios y Rendimientos Construcción 2025.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/397670824/242125225-Tabla-de-Rendimiento-de-Mano-de-Obra-Nicaragua-pdf-pdf?

Standard, A. (1999). EP405.1: Design and installation of microirrigation systems. *EP405.1: Design and installation of microirrigation systems*.

Van Veenhuizen, R. (s.f.). *Revisión de bases técnicas. .* Santiago, Chile : Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Vargas Jarquín, E., & Martínez Castro, L. D. (Noviembre de 2021). DISEÑO DE LAS INSTALACIONES HIDROSANITARIAS DEL ECO-ALBERGUE EL DELIRIO, UBICADO EN LA COMUNIDAD LOS CERRONES, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA. Managua, Nicaragua.

Zelaya, D. F. (Noviembre de 2018). DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN TECHOS (SCAPT) PARA CONSUMO HUMANO. Managua, Nicaragua.

ANEXOS

TABLA DE ANEXOS

ANEXO 1. Vistas laterales de edificios evaluados iv
ANEXO 1.1 Edificio 27EDF-01 iv
ANEXO 1.2 Edificio IES-09 iv
ANEXO 2. Plano de Vista de Planta de Edificios Evaluados v
ANEXO 2.1 Edificio 27EDF-01 v
ANEXO 2.2 Edificio IES-09 v
ANEXO 3. Historial de Datos meteorológicos de Managua periodo (2014-2024) vi
ANEXO 4. Gráficos de correlación de precipitación anual y probabilidad de ocurrencia, periodo (2014-2024) vii
ANEXO 4.1 Precipitación acumulada anual vii
ANEXO 4.2 Precipitación acumulada anual, mes de Enero vii
ANEXO 4.3 Precipitación acumulada anual, mes de Febrero viii
ANEXO 4.4 Precipitación acumulada anual, mes de Marzo viii
ANEXO 4.5 Precipitación acumulada anual, mes de Abril ix
ANEXO 4.6 Precipitación acumulada anual, mes de Mayo ix
ANEXO 4.7 Precipitación acumulada anual, mes de Junio x
ANEXO 4.8 Precipitación acumulada anual, mes de Julio x
ANEXO 4.9 Precipitación acumulada anual, mes de Agosto xi
ANEXO 4.10 Precipitación acumulada anual, mes de Septiembre xi
ANEXO 4.11 Precipitación acumulada anual, mes de Octubre xii
ANEXO 4.12 Precipitación acumulada anual, mes de Noviembre xii
ANEXO 4.13 Precipitación acumulada anual, mes de Diciembre xiii
ANEXO 5. Determinación de Factor de Christiansen xiv
ANEXO 6. CURVA IDF - Aeropuerto Internacional Agusto C. Sandino de la Ciudad de Managua. xv
ANEXO 7. Tabla de Radiación solar extraterrestre en mm/día (Allen et al., 1998) (Original en MJ·m-2·dia-1 ; 1 mm/dia = 2,45 MJ·m-2·dia-1) xvi
ANEXO 8. Características típicas de la humedad del suelo xvii
ANEXO 9. Plano general de riego- Edificio 27EDF-01 xviii
ANEXO 10. Plano general de riego- Edificio IES-09 xx

ANEXO 11. Diseño de Bajantes xxii
ANEXO 11.1 Edificio 27EDF-01 xxii
ANEXO 11.2 Edificio IES-09 xxiii
ANEXO 12. Tabla de Tubería nominal de PVC xxiv
ANEXO 12.1 Coeficientes resistencia (K) en válvulas y accesorios xxv
ANEXO 13. Fichas técnicas xxvii
ANEXO 13.1 Características técnicas de los aspersores Serie VAN xxvii
ANEXO 13.2 Características de los aspersores 5000 PLUS xxviii
ANEXO 13.3 Bomba centrífuga 1 HP xxix
ANEXO 13.4 Bomba centrífuga 1.5 HP xxxi
ANEXO 14. Propiedades del agua xxxii
ANEXO 15. Resultados de Laboratorio Análisis de calidad del agua de lluvia xxxiii
ANEXO 16. Presupuesto detallado de construcción de cisterna xxxvii
ANEXO 16.1 Construcción de Cisterna 4.257 x 8.515 x 4 m xxxvii
ANEXO 16.2 Construcción de Cisterna 7.027 x 14.053 x 4 m xxxviii
ANEXO 17. Cotización de Bombas Centrífugas xxxix

ANEXO 1. Vistas laterales de edificios evaluados

ANEXO 1.1 Edificio 27EDF-01



Nota. Fuente: *Elaboración propia. Universidad Nacional de Ingeniería (2025)*

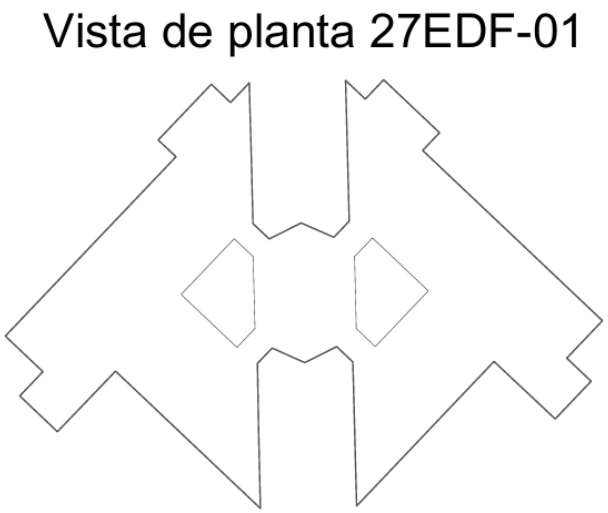
ANEXO 1.2 Edificio IES-09



Nota. Fuente: *Elaboración propia. Universidad Nacional de Ingeniería (2025)*

ANEXO 2. Plano de Vista de Planta de Edificios Evaluados

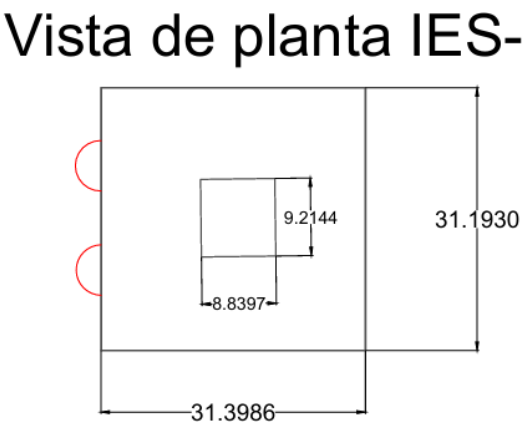
ANEXO 2.1 Edificio 27EDF-01



Cálculo de Área	
Área exterior	2658.3109 m²
Área interior extraída	202.1268 m²
Área total	2456.1841 m²

Nota. Fuente: Elaboración propia. Extraído de Autocad (2025)

ANEXO 2.2 Edificio IES-09



Cálculo de Área	
Área exterior	979.42 m²
Área interior extraída	81.45 m²
Área total	898 m²

Nota. Fuente: *Elaboración propia. Extraído de Autocad (2025)*

ANEXO 3. Historial de Datos meteorológicos de Managua periodo (2014-2024)

INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA
RESUMEN METEOROLÓGICO DIARIO

Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA
Departamento: MANAGUA
Latitud: 12°08'36"
Año: 2014-2024
Parámetro: Precipitación (mm)

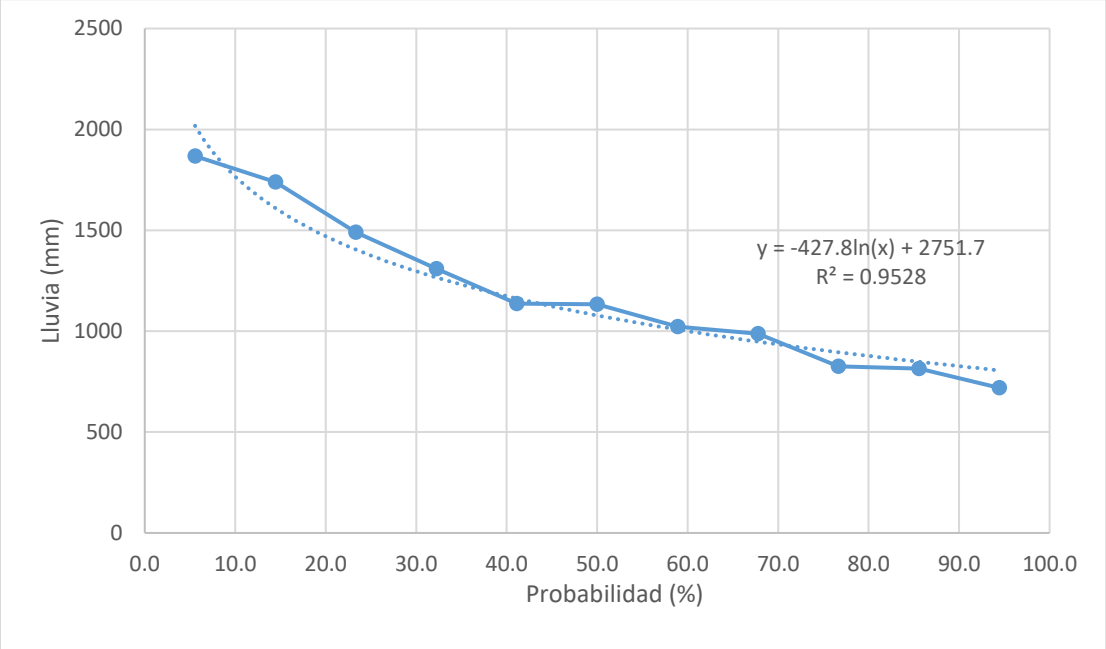
Código: 69027
Municipio: MANAGUA
Longitud: 86°09'49"
Elevación: 56 msnm
Tipo: HMP

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma	Media
2014	3.1	0.7	0	0	31.1	73.2	57	196	216.5	193.8	54	0.2	825.6	26.6
2015	0.3	0.1	0.6	53.4	59.4	335.3	35.3	46.2	128.9	105.8	48.5	0	813.8	26.2
2016	0	0	0.5	22.2	123.8	237.8	34.7	78.3	159.6	275.1	41.5	13.5	987	31.8
2017	1.4	0	0.3	10.9	292.8	136.4	148.9	172.8	156.1	303.6	66	19.8	1309	42.2
2018	0.4	12.3	0	29.8	128.6	121.4	61.1	96.2	126.8	433	8.7	4.6	1022.9	32.9
2019	839.5	779.4	886.7	895.1	881.8	851.4	857.61	872.7	830.7	827.2	819.4	843.2	864.9	27.9
2020	1.2	2.5	0.1	0	196.1	162.7	108.3	185.8	290	234.3	303.6	6.2	1490.8	48.1
2021	2.2	0.1	12.2	10.1	20.5	63.6	183.5	155.9	136.8	101.2	32.4	0.7	719.2	23.2
2022	0.4	9.8	0	59.7	299.3	283.4	183.6	199	501.2	242.2	87	2.3	1867.9	60.3
2023	1601	725.5	1688.8	841.1	1850.8	814.6	1714.1	1735	836.8	1690.8	796.4	1666.8	1707.6	55.1
2024	864.1	775.1	928.7	922.2	950.3	820.5	858.3	865.7	822.2	850.5	801.6	831.5	873.8	28.2

Nota. *Fuente: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2025). Datos meteorológicos de precipitación anual en Managua, 2014-2024 [Archivo Excel]. Datos no publicados, proporcionados por INETER a solicitud del autor.*

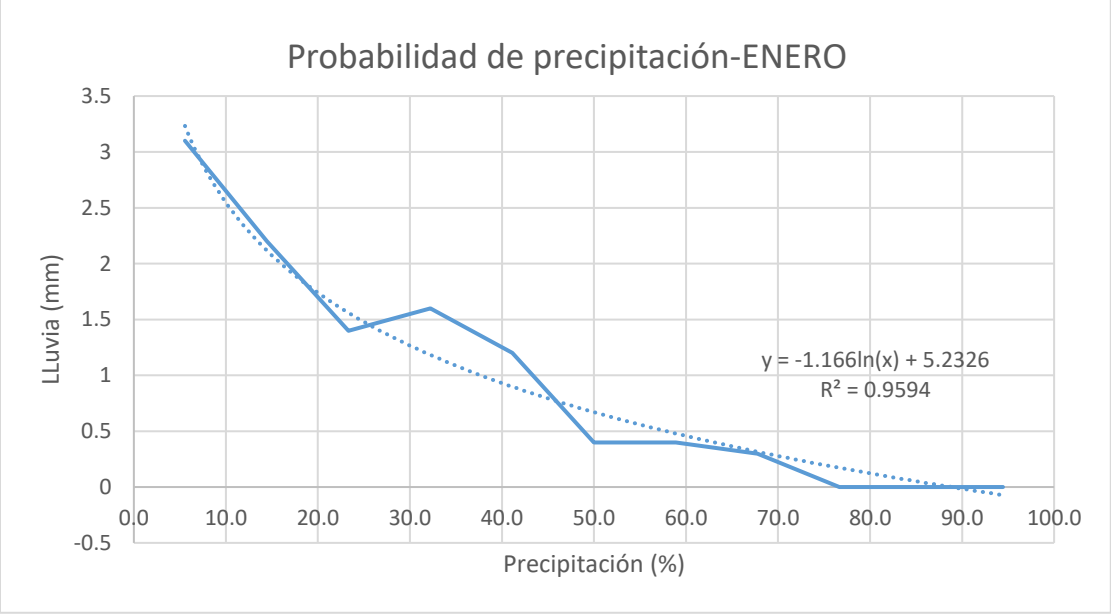
ANEXO 4. Gráficos de correlación de precipitación anual y probabilidad de ocurrencia, periodo (2014-2024)

ANEXO 4.1 Precipitación acumulada anual



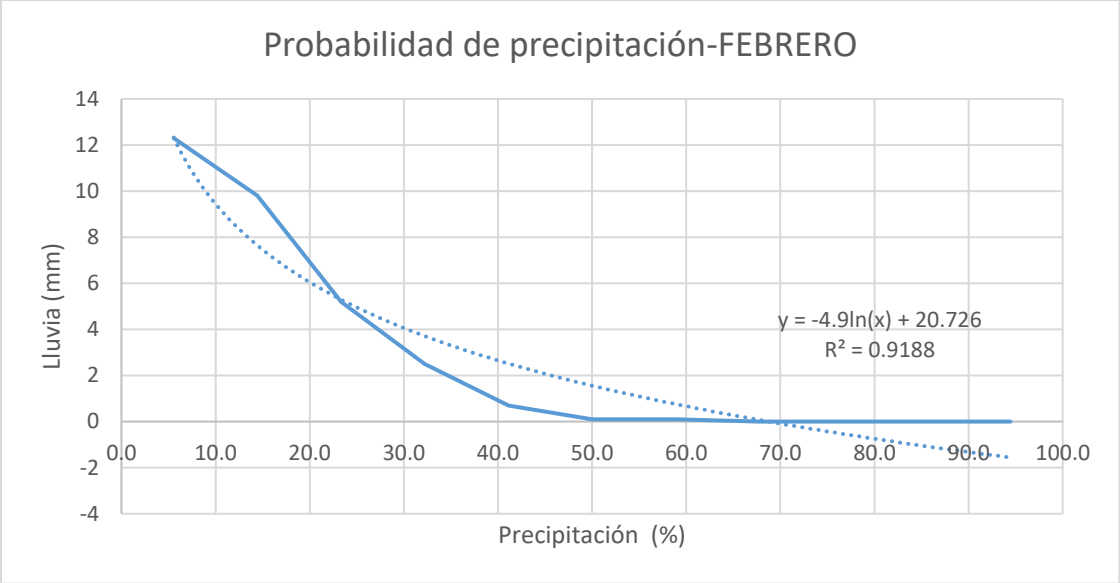
Nota. Fuente: Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.2 Precipitación acumulada anual, mes de Enero



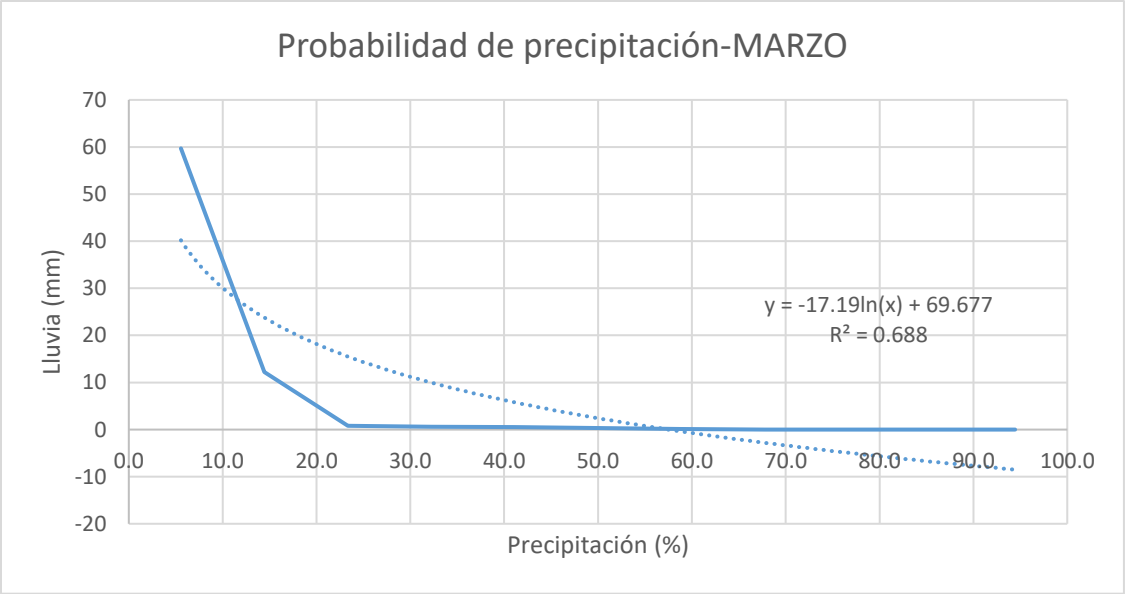
Nota. Fuente: Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.3 Precipitación acumulada anual, mes de Febrero



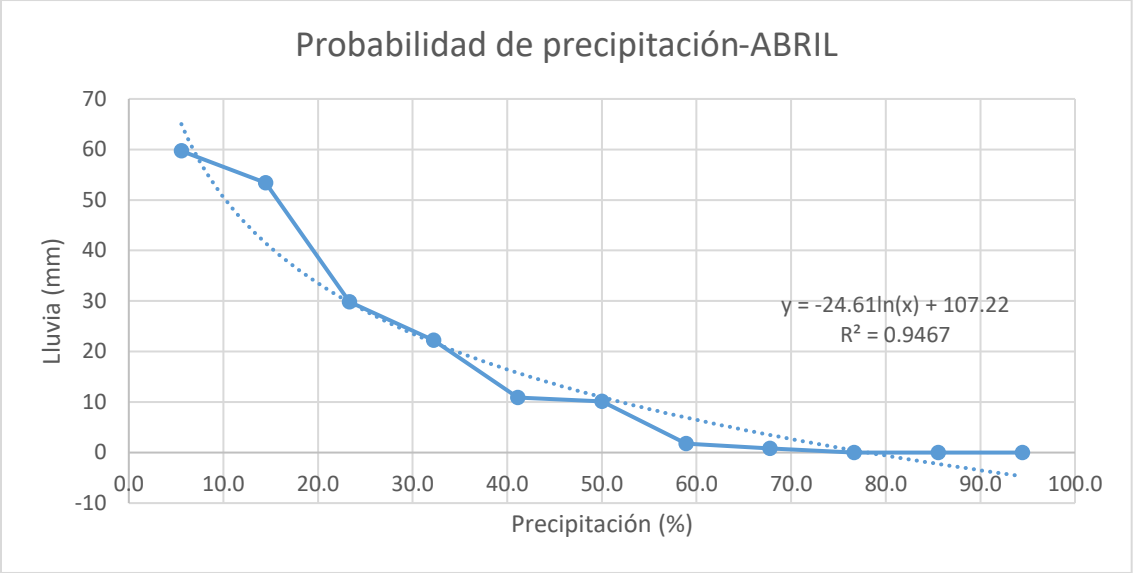
Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.4 Precipitación acumulada anual, mes de Marzo



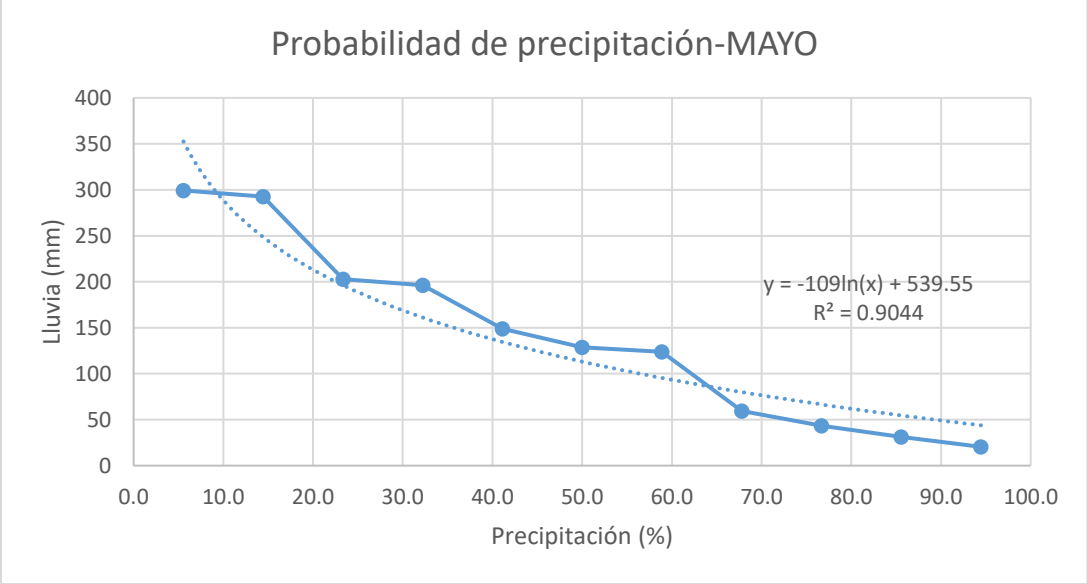
Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.5 Precipitación acumulada anual, mes de Abril



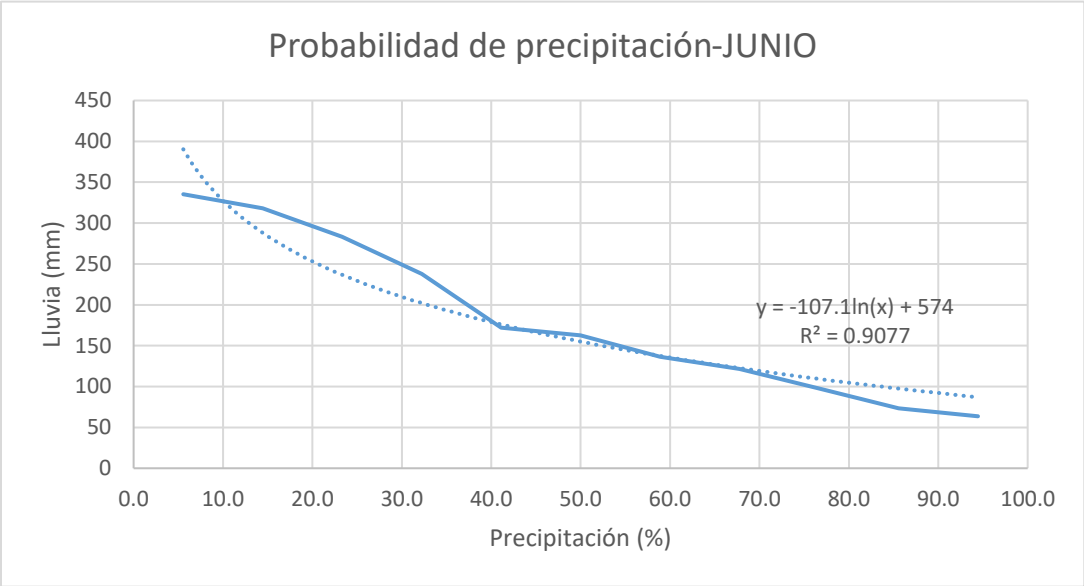
Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.6 Precipitación acumulada anual, mes de Mayo



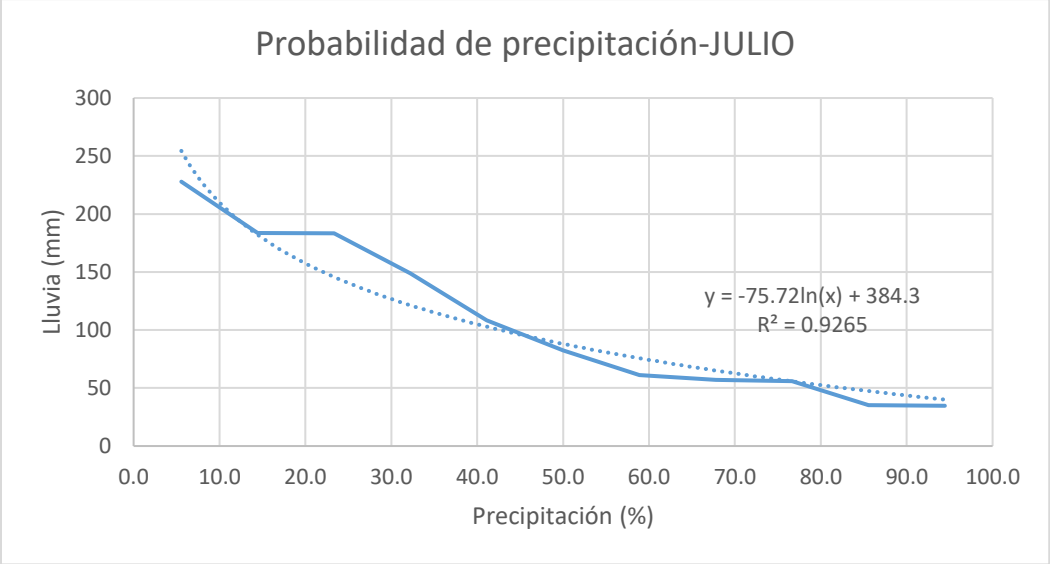
Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.7 Precipitación acumulada anual, mes de Junio



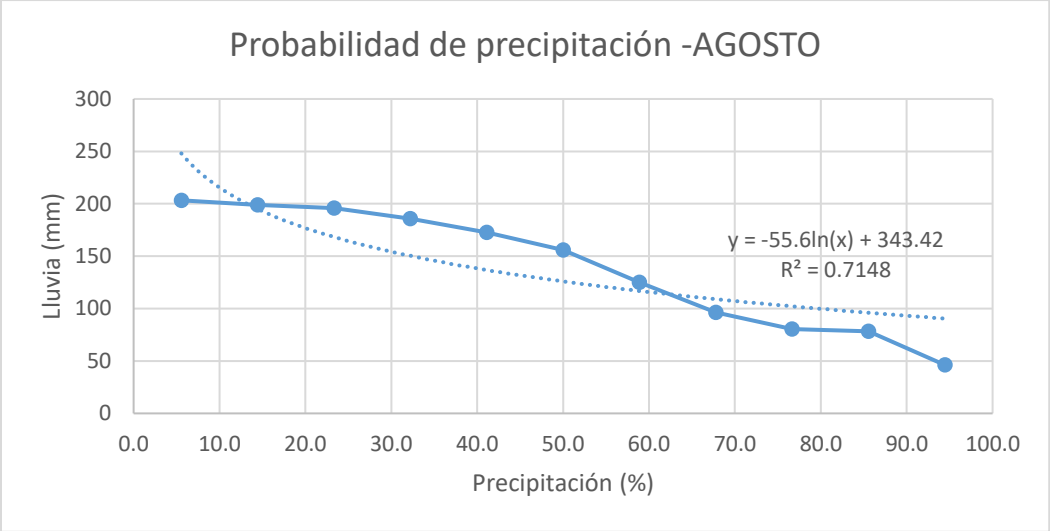
Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.8 Precipitación acumulada anual, mes de Julio



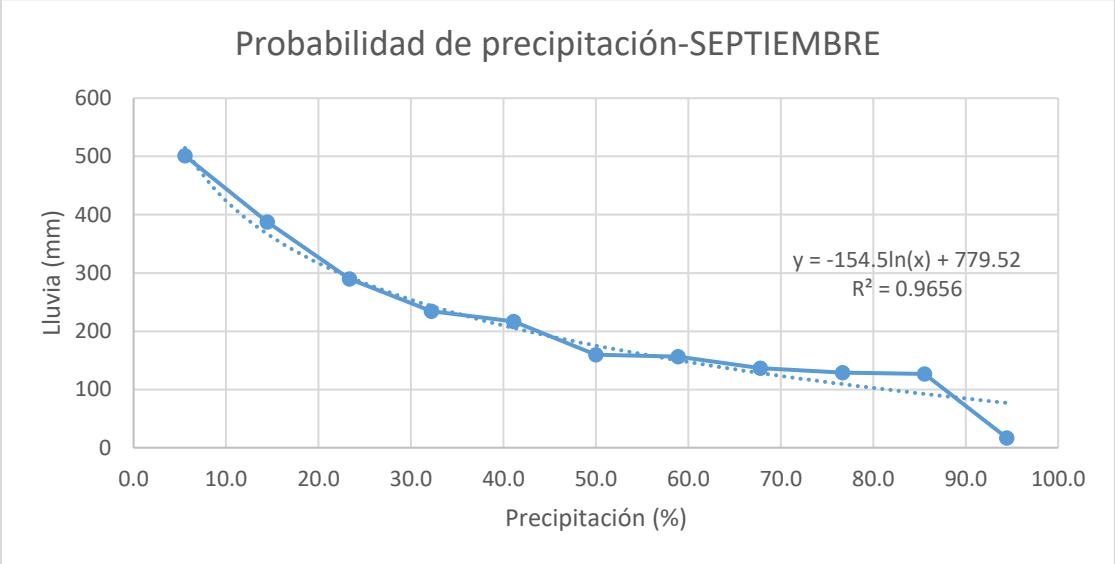
Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.9 Precipitación acumulada anual, mes de Agosto



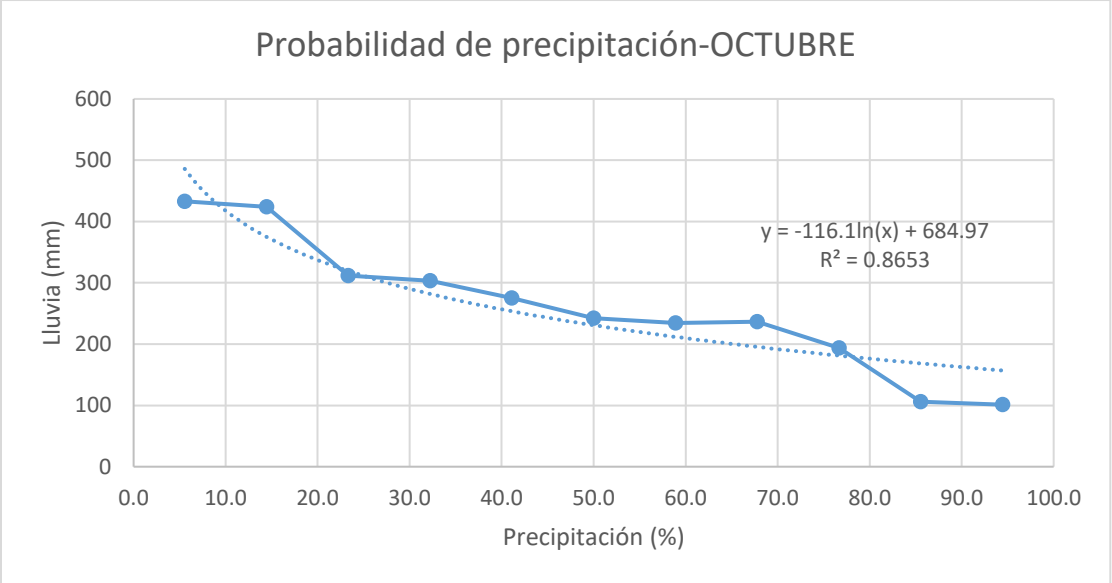
Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.10 Precipitación acumulada anual, mes de Septiembre



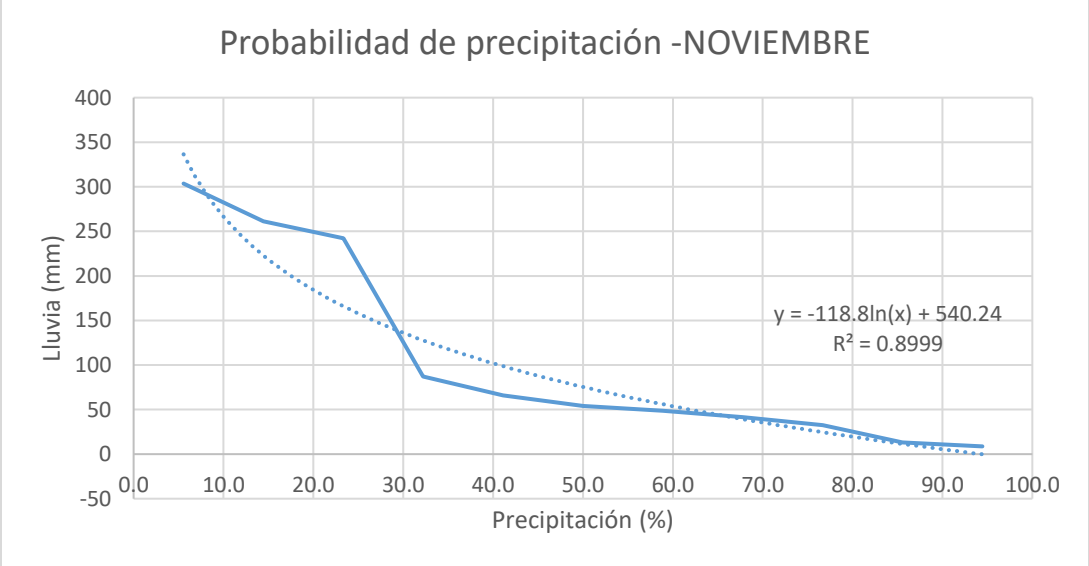
Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.11 Precipitación acumulada anual, mes de Octubre



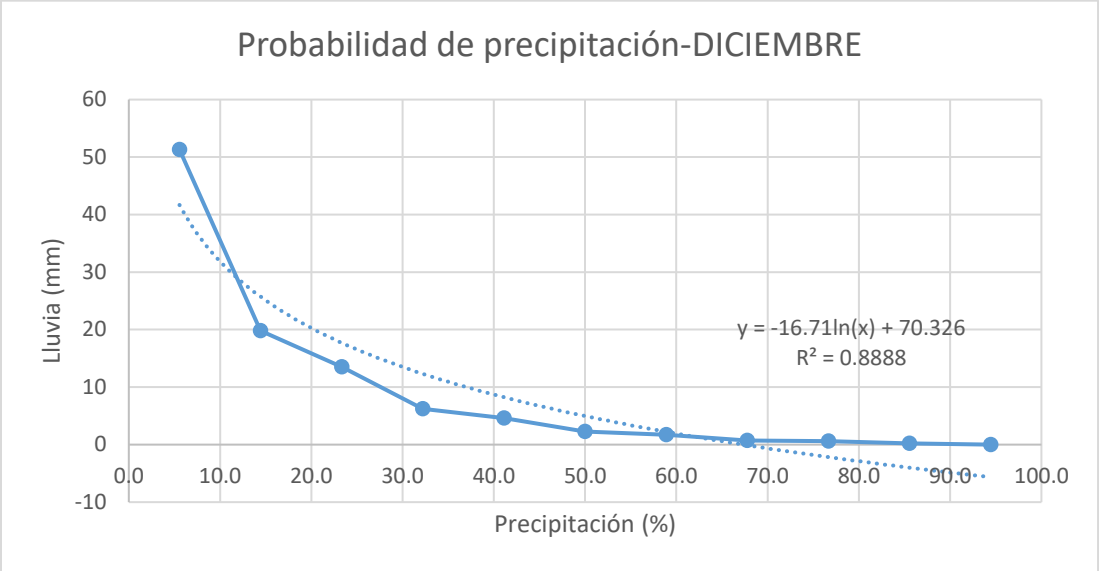
Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.12 Precipitación acumulada anual, mes de Noviembre



Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 4.13 Precipitación acumulada anual, mes de Diciembre



Nota. Fuente**:** Elaboración propia con datos de INETER (2025) y método FAO (1996)

ANEXO 5. Determinación de Factor de Christiansen

n	$l_o = 1$					n	$l_o = 1/2$				
	β=1,75	β=1,80	β=1,85	β=1,90	β=2,00		β=1,75	β=1,80	β=1,85	β=1,90	β=2,00
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,338	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,356	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-

n = Número de salidas

β=1,75 Blasius, Cruciani-Margaritora
β=1,786 Scimeni
β=1,80. Iso, Veronese-Datte
β=1,85. Hazen-Williams
β=1,90. Scobey
β=2,00. Manning, Darcy-Weisbach

En la práctica se toma los siguientes valores de β :

β=1,75 para tuberías de PE
β=1,80 para tubería de PVC
β=1,85-1,90 para tubería de aluminio

Fuente: Fernando Pizarro - Riegos localizados de alta frecuencia - 3ra Ed.- España – 1996.
Coeficiente de **Christiansen** - ocwus
ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/**hidraulica**-y.../tutorial_39.htm
http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y riegos/temario/Tema%202. Conducciones %20forzadas/tutorial_39.htm

Nota. Fuente: Aguilar, J. y Mayorga, J. (2013)

ANEXO 6. CURVA IDF - Aeropuerto Internacional Agusto C. Sandino de la Ciudad de Managua.

INTENSIDADES EN (mm/h) CURVA NO AJUSTADA

AÑOS	DURACIÓN DE INTENSIDADES EN MINUTOS						
	5	**10**	**15**	**30**	**60**	**120**	**360**
2	150.0	123.3	103.0	72.3	48.2	27.5	9.3
5	183.6	144.8	122.4	88.1	63.7	40.5	17.0
10	205.9	159.1	135.3	98.5	74.0	49.2	22.2
25	234.0	177.1	151.6	111.7	87.1	60.1	28.6
50	254.9	190.5	163.7	121.5	96.7	68.2	33.4
100	275.6	203.7	175.7	131.3	106.3	76.2	38.2

Tabla 9. Intensidad de lluvia
Fuente: INETER

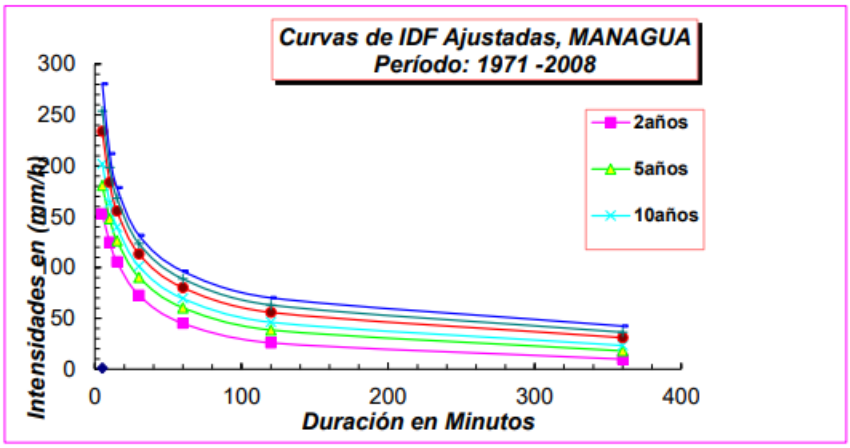


Imagen 82. Grafica de curvas de intensidad de lluvia
Fuente: INETER

Nota. Fuente: extraído de (LAGUNA SÁNCHEZ & VELASQUEZ HERRERA, 2015)

ANEXO 7. Tabla de Radiación solar extraterrestre en mm/día (Allen et al., 1998) (Original en MJ·m-2·dia-1 ; 1 mm/dia = 2,45 MJ·m-2·dia-1)

Tabla de Radiación solar extraterrestre en mm/día (Allen et al., 1998) (Original en $MJ \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$; 1 mm/dia = 2,45 $MJ \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$)

	HEMISFERIO NORTE												HEMISFERIO SUR											
Latitud	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**
70	0.0	1.1	4.2	9.4	14.4	17.3	16.1	11.4	6.1	2.0	0.0	0.0	16.9	11.7	6.4	2.0	0.1	0.0	0.0	0.9	4.4	9.6	15.2	18.5
68	0.0	1.5	4.8	9.8	14.4	17.1	15.9	11.7	6.6	2.4	0.3	0.0	16.7	12.0	6.9	2.4	0.3	0.0	0.0	1.3	4.9	10.0	15.3	18.2
66	0.2	2.0	5.3	10.1	14.5	16.9	15.8	12.0	7.1	2.9	0.6	0.0	16.7	12.2	7.4	2.9	0.6	0.0	0.2	1.7	5.3	10.4	15.3	18.0
64	0.6	2.4	5.8	10.5	14.7	16.8	15.8	12.2	7.5	3.5	1.0	0.2	16.7	12.6	7.9	3.4	1.0	0.2	0.5	2.2	5.9	10.7	15.5	17.9
62	0.9	2.9	6.3	10.9	14.8	16.8	15.9	12.5	8.0	4.0	1.4	0.5	16.8	12.9	8.3	3.9	1.4	0.5	0.8	2.6	6.3	11.1	15.6	17.9
60	1.3	3.4	6.8	11.2	14.9	16.8	16.0	12.8	8.4	4.4	1.8	0.9	16.9	13.2	8.8	4.4	1.8	0.8	1.2	3.1	6.8	11.5	15.8	17.9
58	1.8	3.9	7.2	11.6	15.1	16.9	16.1	13.1	8.9	4.9	2.2	1.3	17.0	13.5	9.2	4.9	2.2	1.2	1.6	3.6	7.3	11.8	16.0	18.0
56	2.2	4.4	7.7	11.9	15.3	16.9	16.2	13.3	9.3	5.4	2.7	1.7	17.1	13.8	9.6	5.4	2.7	1.6	2.0	4.0	7.8	12.2	16.1	18.0
54	2.7	4.9	8.2	12.2	15.4	16.9	16.2	13.6	9.7	5.9	3.2	2.1	17.2	14.0	10.0	5.9	3.1	2.0	2.4	4.5	8.2	12.5	16.3	18.1
52	3.1	5.4	8.6	12.6	15.6	17.0	16.4	13.8	10.1	6.4	3.7	2.6	17.3	14.3	10.4	6.4	3.6	2.4	2.9	5.0	8.7	12.8	16.4	18.1
50	3.6	5.9	9.1	12.9	15.7	17.0	16.4	14.0	10.5	6.9	4.2	3.1	17.4	14.5	10.9	6.8	4.1	2.9	3.3	5.5	9.1	13.1	16.6	18.2
48	4.1	6.4	9.5	13.1	15.8	17.1	16.5	14.2	10.9	7.4	4.7	3.6	17.5	14.8	11.2	7.3	4.5	3.3	3.8	6.0	9.5	13.4	16.7	18.2
46	4.6	6.9	9.9	13.4	16.0	17.1	16.6	14.4	11.2	7.8	5.1	4.0	17.6	15.0	11.6	7.8	5.0	3.8	4.2	6.4	9.9	13.7	16.8	18.2
44	5.1	7.3	10.3	13.7	16.0	17.1	16.6	14.7	11.6	8.3	5.7	4.5	17.6	15.2	12.0	8.2	5.5	4.3	4.7	6.9	10.3	13.9	16.9	18.2
42	5.6	7.8	10.7	13.9	16.1	17.1	16.7	14.8	11.9	8.7	6.2	5.1	17.7	15.4	12.3	8.7	6.0	4.7	5.2	7.3	10.7	14.2	17.0	18.2
40	6.1	8.3	11.1	14.2	16.2	17.1	16.7	15.0	12.2	9.2	6.7	5.6	17.7	15.6	12.6	9.1	6.4	5.2	5.7	7.8	11.1	14.4	17.1	18.2
38	6.6	8.8	11.5	14.4	16.3	17.1	16.7	15.1	12.5	9.6	7.1	6.0	17.7	15.7	12.9	9.5	6.9	5.7	6.2	8.2	11.4	14.6	17.1	18.2
36	7.1	9.2	11.8	14.6	16.3	17.0	16.7	15.3	12.9	10.0	7.6	6.6	17.7	15.9	13.2	9.9	7.4	6.2	6.6	8.7	11.8	14.8	17.1	18.1
34	7.6	9.7	12.2	14.7	16.3	17.0	16.7	15.3	13.1	10.4	8.1	7.1	17.7	16.0	13.5	10.3	7.8	6.6	7.1	9.1	12.1	15.0	17.1	18.1
32	8.1	10.1	12.5	14.5	16.3	16.9	16.6	15.5	13.4	10.9	8.6	7.6	17.7	16.1	13.8	10.7	8.3	7.1	7.6	9.5	12.4	15.1	17.1	18.0
30	8.6	10.5	12.8	15.0	16.3	16.8	16.6	15.5	13.6	11.3	9.1	8.1	17.6	16.2	14.0	11.1	8.7	7.6	8.0	9.9	12.7	15.3	17.1	17.9
28	9.1	10.9	13.1	15.1	16.3	16.7	16.5	15.6	13.8	11.6	9.5	8.6	17.6	16.2	14.2	11.5	9.2	8.0	8.4	10.3	13.0	15.4	17.1	17.8
26	9.6	11.3	13.4	15.3	16.3	16.6	16.4	15.6	14.1	12.0	10.0	9.1	17.5	16.3	14.4	11.8	9.6	8.5	8.9	10.7	13.3	15.5	17.1	17.7
24	10.0	11.8	13.7	15.3	16.2	16.4	16.3	15.6	14.2	12.3	10.4	9.5	17.3	16.3	14.6	12.2	10.0	8.9	9.3	11.1	13.5	15.6	17.0	17.6
22	10.5	12.1	13.9	15.4	16.1	16.3	16.2	15.7	14.4	12.7	10.9	10.0	17.2	16.4	14.8	12.5	10.4	9.4	9.8	11.5	13.8	15.7	16.9	17.4
20	10.9	12.5	14.2	15.5	16.0	16.1	16.0	15.6	14.6	13.0	11.3	10.4	17.1	16.3	14.9	12.8	10.9	9.8	10.2	11.8	14.0	15.8	16.8	17.2
18	11.4	12.9	14.4	15.5	15.9	16.0	15.9	15.6	14.7	13.3	11.7	10.9	16.9	16.3	15.1	13.1	11.2	10.2	10.6	12.2	14.2	15.8	16.7	17.0
16	11.8	13.2	14.6	15.6	15.8	15.8	15.7	15.6	14.9	13.6	12.1	11.4	16.8	16.3	15.2	13.4	11.6	10.7	11.0	12.5	14.4	15.8	16.6	16.8
14	12.2	13.5	14.7	15.6	15.7	15.6	15.6	15.5	15.0	13.8	12.5	11.8	16.6	16.2	15.3	13.6	12.0	11.1	11.4	12.8	14.5	15.8	16.4	16.6
12	12.6	13.8	14.9	15.5	15.5	15.3	15.3	15.4	15.1	14.1	12.9	12.2	16.4	16.2	15.4	13.9	12.3	11.5	11.8	13.1	14.7	15.8	16.2	16.3
10	13.0	14.1	15.1	15.5	15.3	15.1	15.1	15.3	15.1	14.3	13.2	12.7	16.1	16.0	15.4	14.1	12.7	11.9	12.2	13.4	14.8	15.7	16.0	16.1
8	13.4	14.4	15.2	15.4	15.1	14.8	14.9	15.2	15.2	14.5	13.6	13.1	15.9	15.9	15.5	14.3	13.0	12.2	12.5	13.6	14.9	15.7	15.8	15.8
6	13.8	14.6	15.3	15.3	14.9	14.6	14.7	15.1	15.2	14.7	13.9	13.4	15.6	15.8	15.5	14.5	13.3	12.6	12.9	13.9	15.0	15.6	15.6	15.5
4	14.1	14.9	15.3	15.3	14.7	14.3	14.4	14.9	15.2	14.9	14.2	13.8	15.3	15.6	15.5	14.7	13.6	13.0	13.2	14.1	15.1	15.5	15.3	15.2
2	14.4	15.1	15.4	15.1	14.4	14.0	14.1	14.7	15.2	15.1	14.5	14.2	15.1	15.5	15.5	14.9	13.9	13.3	13.5	14.4	15.1	15.4	15.1	14.9
0	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5	14.8	15.3	15.5	15.0	14.2	13.6	13.8	14.6	15.2	15.3	14.8	14.5

Nota. Fuente: extraído de (Allen et al., 1998)

.

ANEXO 8. Características típicas de la humedad del suelo

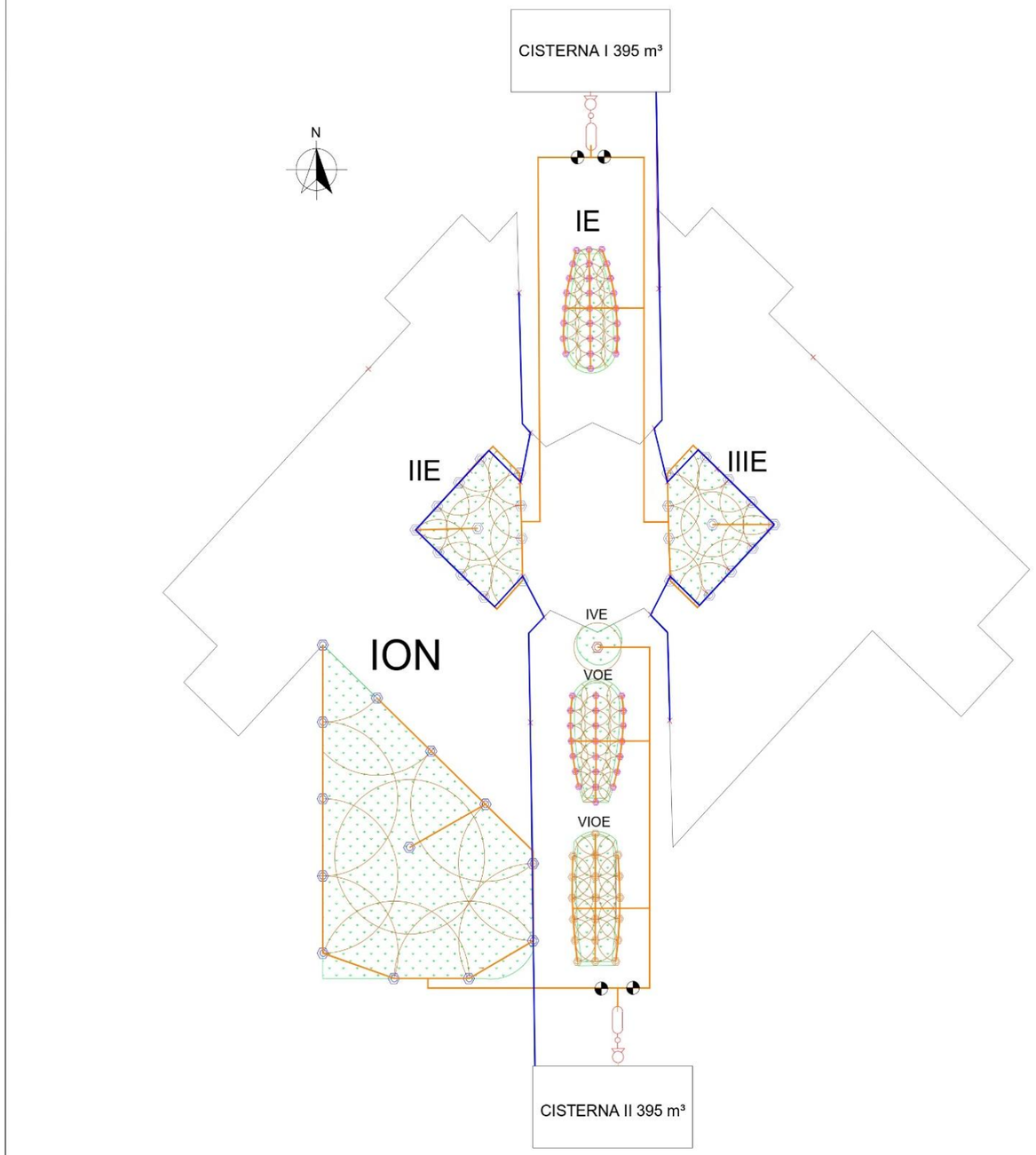
CUADRO 19

Características típicas de la humedad del suelo para diferentes tipos de suelo

Tipo de Suelo (Clasificación de la textura del Suelo del USDA)	Características de la humedad del suelo			Parámetros de Evaporación	
				Cantidad de agua que puede ser agotada a través de la evaporación	
				Etapa 1 AFE	Etapa 1 y 2 AET* (Z_e = 0,10 m)
	θ_{FC}	θ_{WP}	($\theta_{FC} - \theta_{WP}$)		
	m^3/m^{-3}	m^3/m^{-3}	m^3/m^{-3}	mm	mm
Arenoso	0,07 - 0,17	0,02 - 0,07	0,05 - 0,11	2 - 7	6 - 12
Arenoso Franco	0,11 - 0,19	0,03 - 0,10	0,06 - 0,12	4 - 8	9 - 14
Franco Arenoso	0,18 - 0,28	0,06 - 0,16	0,11 - 0,15	6 - 10	15 - 20
Franco	0,20 - 0,30	0,07 - 0,17	0,13 - 0,18	8 - 10	16 - 22
Franco Limoso	0,22 - 0,36	0,09 - 0,21	0,13 - 0,19	8 - 11	18 - 25
Limoso	0,28 - 0,36	0,12 - 0,22	0,16 - 0,20	8 - 11	22 - 26
Franco Arcillo Limoso	0,30 - 0,37	0,17 - 0,24	0,13 - 0,18	8 - 11	22 - 27
Arcillo Limoso	0,30 - 0,42	0,17 - 0,29	0,13 - 0,19	8 - 12	22 - 28
Arcilloso	0,32 - 0,40	0,20 - 0,24	0,12 - 0,20	8 - 12	22 - 29

Nota. Fuente: extraído de (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006)

ANEXO 9. Plano general de riego- Edificio 27EDF-01



SIMBOLOGÍA DE BOQUILLA DE ASPERSORES

- BOQUILLA #6 VAN RAIN BIRD
- BOQUILLA #8 VAN RAIN BIRD
- BOQUILLA #10 VAN RAIN BIRD
- BOQUILLA #12 VAN RAIN BIRD
- BOQUILLA 5000 PLUS RAIN BIRD

SIMBOLOGÍA DE VÁLVULAS

VÁLVULA DE PVC de 3/4 "

COBERTURA DE RIEGO

SIMBOLOGÍA DE TUBERÍAS

T-PVCØ 3/4" SDR-26

T-PVCØ 4" SDR-64

DATOS TÉCNICOS DE RIEGO POR ASPERSIÓN

ZONA DE RIEGO	ÁREA (m²)	CAUDAL (m³/s)	INTENSIDAD DE APLICACIÓN (mm/h)
IE	43.6	8.86E-04	61
IIE, IIIE	101.1	8.33E-04	41
IVE	13.8	1.47E-04	92
VOE	43	8.86E-04	61
VIOE	46	1.28E-03	63
ION	482.4	6.14E-04	3

NOTA: Todos los demás detalles (por ejemplo, denominación, presión, material) pueden aparecer en tablas aparte.

APROBACIONES	FECHA
DIBUJÓ B.N.R.M	07.04.2026
REVISÓ W. S.	08.04.2026
APROBÓ S.C.	14.04.2026
REV. ADICIONAL No aplica	-

NOMBRE DEL PROPIETARIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

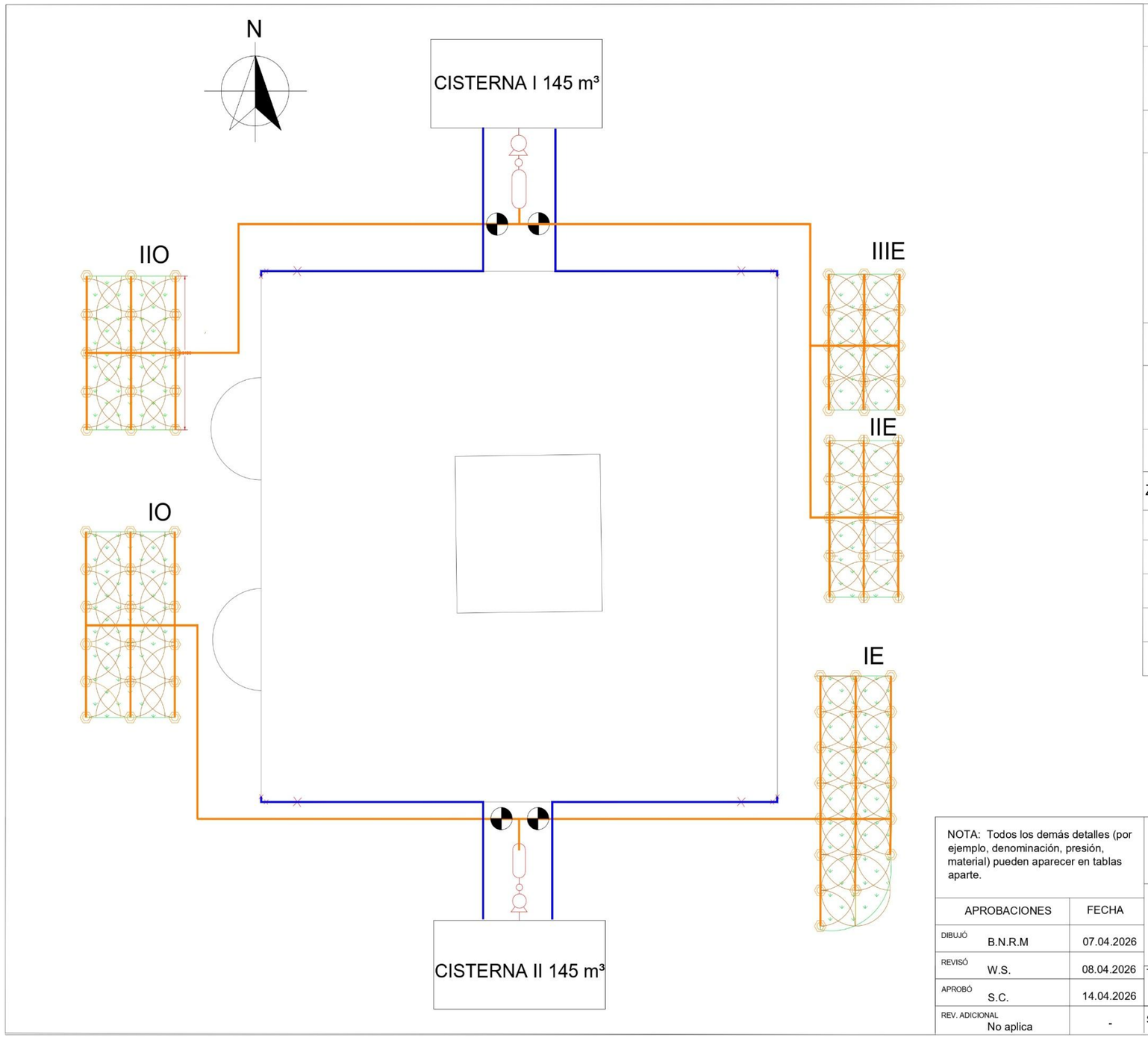
TÍTULO

DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSIÓN

TAMAÑO	CÓDIGO	NÚM. DIBUJOS	REV.
A3	No aplica	01	01

Sin factor de escala	NORMA	HOJA
	ISO 10628-2001	01 DE 01

ANEXO 10. Plano general de riego- Edificio IES-09



SIMBOLOGÍA DE BOQUILLA DE ASPERSORES

BOQUILLA #6 VAN RAIN BIRD

SIMBOLOGÍA DE VÁLVULAS

VÁLVULA DE PVC de 3/4 "

COBERTURA DE RIEGO

SIMBOLOGÍA DE TUBERÍAS

T-PVCØ 3/4" SDR-26

T-PVCØ 3" SDR-64

DATOS TÉCNICOS DE RIEGO POR ASPERSIÓN

ZONA DE RIEGO	ÁREA (m²)	CAUDAL (m³/s)	INTENSIDAD DE APLICACIÓN (mm/h)
IO	59	6.38E-04	40.56
IIO	49	5.43E-04	40.56
IE	62	8.15E-04	40.56
IIE	34	5.11E-04	40.56
IIIE	34	5.11E-04	40.56

NOTA: Todos los demás detalles (por ejemplo, denominación, presión, material) pueden aparecer en tablas aparte.

APROBACIONES	FECHA
DIBUJÓ B.N.R.M	07.04.2026
REVISÓ W.S.	08.04.2026
APROBÓ S.C.	14.04.2026
REV. ADICIONAL No aplica	-

NOMBRE DEL PROPIETARIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

TÍTULO

DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSIÓN

TAMAÑO	CÓDIGO	NÚM. DIBUJOS	REV.
A3	No aplica	01	01

Sin factor de escala	NORMA	HOJA
	ISO 10628-2001	01 DE 01

ANEXO 11. Diseño de Bajantes

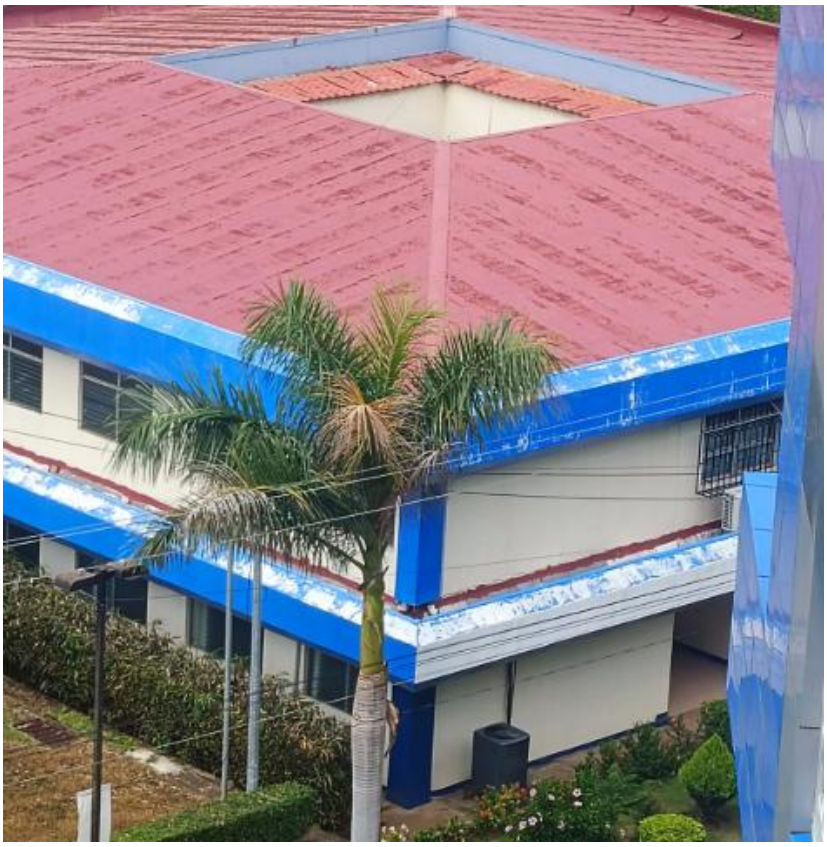
ANEXO 11.1 Edificio 27EDF-01





ANEXO 11.2 Edificio IES-09







ANEXO 12. Tabla de Tubería nominal de PVC

TABLA DIÁMETROS INTERNOS Y EXTERNOS EN TUBERÍA PVC Y CPVC

Pulg	mm	SDR 13.5 (315 psi) (ASTM2241)	SDR 17 (250 psi) (ASTM2241)	SDR 26 (160 psi) (ASTM 2241)	SDR 32.5 (125 psi) (ASTM2241)	SDR 41 (drenaje)	SDR 50 (drenaje)	*SCH 40 (ASTM1785)	PVC SCH80 ASTM 1785	CPVC FlowGuard Gold NSF SE 8225 CTS SDR 13.5
1/2"	12	18.2/21.3	...	...	...	...	...	15.8/21.3	13,8/21,3	13,1/15,9
3/4"	18	...	23.5/26.7	...	...	...	...	20.9/26.7	18,9/26,7	22,2/18,9
1"	25	...	29.5/33.4	30.4/33.4	...	...	...	26.6/33.4	24,3/33,4	24,4/28,6
1 1/4"	31	...	37.2/42.2	38.9/42.2	39.1/42.2	39.8/42.2	...	35.0/42.2	32,5/42,2	29,7/34,9
1 1/2"	38	...	42.6/48.3	44.6/48.3	45.3/48.3	45.9/48.3	...	40.9/48.3	38,1/48,3	35,2/41,3
2"	50	...	53.2/60.3	5537/60.3	56.6/60.3	57.4/60.3	57.9/60.3	52.5/60.3	49,2/60,3	46,0/54,0
2 1/2"	62	...	64.4/73.0	67.4/73.0	68.5/73.0	69.5/73.0	...	62.7/73.0	59,0/73,0	
3"	75	...	78.4/88.9	82.0/88.9	83.4/88,9	84.6/88,9	83.3/88.9	77.9/88.9	73,7/88,9	
4"	100	...	100.8/114.3	105.5/114.3	107.3/114.3	108.7/114.3	109.7/114.3	102.3/114.3	97,2/114,3	
6"	150	...	148.5/168.3	155.3/168.3	157.9/168.3	160.1/168.3	...	154.1/168.3	146,4/168,3	
8"	200	...	193.3/219.1	202.2/219.1	205.6/219.1	208.4/219.1	...	...	193,7/219,1	
10"	250	...	240.9/273.1	252.1/273.1	256.2/273.1	259.8/273.0	...	...	243,0/273,1	
12"	300	...	285.8/323.8	299.0/323.8	303.9/323.8	308.1/323.8	...	...	288,9/323,8	
15"	375	...	...	358.7/388.6	364.7/388.6	369.7/388.6	...	...		
18"	450	...	...	422.0/457.2	429.1/457.2	434.9/457.2	...	...		

Nota. Tabla elaborada a partir de las normas ASTM D2241 (2018) y ASTM D1785 (2020), correspondientes a dimensiones de tuberías PVC en sistemas SDR y Schedule.

ANEXO 12.1 Coeficientes resistencia (K) en válvulas y accesorios

Tabla 50 Coeficientes de resistencia (k) en válvulas y accesorios

Accesorio	Diámetro nominal (mm)						
	12	18	25	32	38	50	62
	Coeficiente K						
Codo roscado 90º	2.10	1.69	1.44	1.28	1.16	0.99	0.88
Codo roscado 90º (R.L.)	1.29	0.92	0.73	0.61	0.52	0.41	0.35
Codo bridado 90º	-	-	0.43	0.41	0.39	0.38	0.35
Codo bridado 90º (R.L)	-	-	0.41	0.37	0.34	0.30	0.26
Codo roscado 45º	0.37	0.35	0.34	0.33	0.32	0.31	0.30
Codo bridado 45º	-	-	0.25	0.24	0.22	0.20	0.19
Codo roscado 180º	2.10	1.69	1.45	1.29	1.17	1.00	0.89
Codo bridado 180º	-	-	0.42	0.40	0.38	0.35	0.33
Unión en T roscada (F.L)	0.93	0.93	0.91	0.93	0.93	0.93	0.93
Unión en T roscada (F.T)	2.69	2.49	2.23	2.05	1.92	1.72	1.58
Unión en T bridada (F.L)	-	-	0.26	0.23	0.21	0.19	0.17
Unión en T bridada (F.T)	-	-	0.96	0.92	0.88	0.81	0.77
Válvula globo roscada (A)	13.09	10.67	9.23	8.25	7.52	6.50	5.61
Válvula globo bridada (A)	-	-	12.40	11.14	10.20	6.89	7.96
Válvula compuerta roscada (A)	0.34	0.26	0.21	0.18	0.16	0.13	0.11
Válvula compuerta bridada (A)	-	-	0.74	0.58	0.47	0.34	0.27
Válvula antirretorno roscada	711	6.84	6.08	4.56	4.17	3.63	3.25
Válvula antirretorno bridada	-	-	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Válvula angular roscada	9.72	6.23	4.54	3.55	2.91	2.12	1.66
Válvula angular bridada	-	-	3.84	3.43	3.13	2.71	2.42
Válvula de pie con colador	-	-	2.75	2.46	2.25	1.95	1.75
Acoples o Uniones	0.12	0.09	0.06	0.07	0.08	0.05	0.06

Nota. Fuente: Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones edición 2017, Costa Rica. Extraído de (Vargas Jarquín & Martínez Castro, 2021)

Accesorio	Diámetro nominal (mm)						
	75	100	150	200	250	300	350
	Coeficiente K						
Codo roscado 90º	0.79	0.66	0.55	-	-	-	-
Codo roscado 90º (R.L.)	0.30	0.23	0.17	-	-	-	-
Codo bridado 90º	0.33	0.31	0.28	0.26	0.25	0.24	0.23
Codo bridado 90º (R.L)	0.24	0.21	0.17	0.15	0.13	0.12	0.11
Codo roscado 45º	0.29	0.28	0.26	-	-	-	-
Codo bridado 45º	0.17	0.16	0.14	0.12	0.11	0.11	0.10
Codo roscado 180º	0.80	0.69	0.56	-	-	-	-
Codo bridado 180º	0.32	0.30	0.27	0.25	0.24	0.23	0.22
Unión en T roscada (F.L)	0.93	0.93	0.93	-	-	-	-
Unión en T roscada (F.T)	1.46	1.33	1.14	-	-	-	-
Unión en T bridada (F.L)	0.16	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.08
Unión en T bridada (F.T)	0.73	0.67	0.60	0.56	0.53	0.50	0.48
Válvula globo roscada (A)	5.30	4.59	3.74	-	-	-	-
Válvula globo bridada (A)	7.31	6.37	5.24	4.56	4.10	3.76	3.49
Válvula compuerta roscada (A)	0.10	0.08	0.60	-	-	-	-
Válvula compuerta bridada (A)	0.22	0.16	0.10	0.08	0.06	0.05	0.04
Válvula antirretorno roscada	2.98	2.59	2.13	-	-	-	-
Válvula antirretorno bridada	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Válvula angular roscada	1.36	0.99	0.83	-	-	-	-
Válvula angular bridada	2.21	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Válvula de pie con colador	1.60	1.39	1.14	0.99	0.88	0.81	0.75
Acoples o Uniones	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01

***Nota*.** Fuente: Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones edición 2017, Costa Rica. Extraído de (Vargas Jarquín & Martínez Castro, 2021)

ANEXO 13. Fichas técnicas

ANEXO 13.1 Características técnicas de los aspersores Serie VAN

RENDIMIENTOS

Serie 4-VAN

Toberas	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
330°	1,0	0,9	0,14	189	218
	1,5	1,0	0,17	183	215
	2,0	1,2	0,20	152	176
	2,1	1,2	0,20	152	176
270°	1,0	0,9	0,12	198	229
	1,5	1,0	0,14	187	216
	2,0	1,2	0,16	148	171
	2,1	1,2	0,17	157	181
180°	1,0	0,9	0,07	173	200
	1,5	1,0	0,09	180	208
	2,0	1,2	0,10	139	161
	2,1	1,2	0,10	139	161
90°	1,0	0,9	0,05	247	285
	1,5	1,0	0,06	240	277
	2,0	1,2	0,06	167	193
	2,1	1,2	0,07	194	224

Serie 6-VAN

Toberas	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
330°	1,0	1,2	0,19	144	166
	1,5	1,5	0,23	112	129
	2,0	1,8	0,27	91	105
	2,1	1,8	0,27	91	105
270°	1,0	1,2	0,18	167	193
	1,5	1,5	0,21	124	143
	2,0	1,8	0,24	99	114
	2,1	1,8	0,25	103	119
180°	1,0	1,2	0,10	139	161
	1,5	1,5	0,11	98	113
	2,0	1,8	0,13	80	92
	2,1	1,8	0,14	86	99
90°	1,0	1,2	0,06	167	193
	1,5	1,5	0,07	124	143
	2,0	1,8	0,08	99	114
	2,1	1,8	0,08	99	114

Serie 8-VAN

Toberas	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
330°	1,0	1,8	0,27	91	105
	1,5	2,1	0,32	79	91
	2,0	2,3	0,38	78	90
	2,1	2,4	0,39	74	86
270°	1,0	1,8	0,25	103	119
	1,5	2,1	0,30	91	105
	2,0	2,3	0,34	86	99
	2,1	2,4	0,35	81	94
180°	1,0	1,8	0,19	117	135
	1,5	2,1	0,23	104	120
	2,0	2,3	0,26	98	113
	2,1	2,4	0,27	94	109
90°	1,0	1,8	0,12	148	171
	1,5	2,1	0,14	127	147
	2,0	2,3	0,16	121	140
	2,1	2,4	0,16	111	128

Nota: Serie 4-VAN, 6-VAN, 8-VAN, si el sector no está regulado en el máximo posible, posiblemente sea necesario utilizar el tornillo rompe-chorro para conseguir los alcances y caudales indicados en la tabla de rendimientos.

Serie 10-VAN

Toberas	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
360°	1,0	2,1	0,44	96	111
	1,5	2,4	0,53	89	103
	2,0	2,7	0,57	76	88
	2,1	3,1	0,59	63	73
270°	1,0	2,1	0,33	96	111
	1,5	2,4	0,40	89	103
	2,0	2,7	0,43	76	88
	2,1	3,1	0,48	68	79
180°	1,0	2,1	0,22	96	111
	1,5	2,4	0,27	89	103
	2,0	2,7	0,29	76	88
	2,1	3,1	0,33	71	82
90°	1,0	2,1	0,11	96	111
	1,5	2,4	0,13	89	103
	2,0	2,7	0,14	76	88
	2,1	3,1	0,17	73	85

Serie 12-VAN

Toberas	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
360°	1,0	2,7	0,40	55	63
	1,5	3,2	0,48	47	54
	2,0	3,6	0,59	46	53
	2,1	3,7	0,60	44	51
270°	1,0	2,7	0,30	55	63
	1,5	3,2	0,36	47	54
	2,0	3,6	0,45	46	53
	2,1	3,7	0,45	44	51
180°	1,0	2,7	0,20	55	63
	1,5	3,2	0,24	47	54
	2,0	3,6	0,30	46	53
	2,1	3,7	0,30	44	51
90°	1,0	2,7	0,10	55	63
	1,5	3,2	0,12	47	54
	2,0	3,6	0,15	46	53
	2,1	3,7	0,15	44	51

Serie 15-VAN

Toberas	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
360°	1,0	3,4	0,60	52	60
	1,5	3,9	0,72	47	55
	2,0	4,5	0,84	41	48
	2,1	4,6	0,84	40	46
270°	1,0	3,4	0,45	52	60
	1,5	3,9	0,54	47	55
	2,0	4,5	0,63	41	48
	2,1	4,6	0,63	40	46
180°	1,0	3,4	0,30	52	60
	1,5	3,9	0,36	47	55
	2,0	4,5	0,42	41	48
	2,1	4,6	0,42	40	46
90°	1,0	3,4	0,15	52	60
	1,5	3,9	0,18	47	55
	2,0	4,5	0,21	41	48
	2,1	4,6	0,21	40	46

Serie 18-VAN

Toberas	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
360°	1,0	4,3	0,96	52	60
	1,5	4,8	1,07	47	55
	2,0	5,4	1,20	41	48
	2,1	5,5	1,21	40	46
270°	1,0	4,3	0,72	52	60
	1,5	4,8	0,80	47	55
	2,0	5,4	0,90	41	48
	2,1	5,5	0,91	40	46
180°	1,0	4,3	0,48	52	60
	1,5	4,8	0,54	47	55
	2,0	5,4	0,60	41	48
	2,1	5,5	0,61	40	46
90°	1,0	4,3	0,24	52	60
	1,5	4,8	0,27	47	55
	2,0	5,4	0,30	41	48
	2,1	5,5	0,30	40	46





Nota. Fuente**:** extraído de Rainbird.com, s.f.

ANEXO 13.2 Características de los aspersores 5000 PLUS

TOBERAS 5000 / 5000 PLUS / 5000 PLUS PRS / UPG

RAIN CURTAIN™

Toberas de ángulo estándar y "Uniformidad+"

Toberas	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
1,5	1,7	10,1	0,25	5	6
	2,0	10,2	0,28	5	6
	2,5	10,4	0,31	6	7
	3,0	10,6	0,34	6	7
	3,5	10,7	0,37	7	8
	4,0	10,6	0,40	7	8
	4,5	10,4	0,42	8	9
2,0	1,7	10,7	0,34	6	7
	2,0	10,8	0,36	6	7
	2,5	11,0	0,41	7	8
	3,0	11,2	0,45	7	8
	3,5	11,3	0,49	8	9
	4,0	11,1	0,52	8	10
	4,5	10,7	0,55	10	11
2,5	1,7	10,7	0,41	7	8
	2,0	10,9	0,44	7	9
	2,5	11,3	0,50	8	9
	3,0	11,3	0,56	9	10
	3,5	11,3	0,60	9	11
	4,0	11,3	0,64	10	12
	4,5	11,3	0,68	11	12
3,0	1,7	11,0	0,51	8	10
	2,0	11,2	0,55	9	10
	2,5	11,2	0,62	9	11
	3,0	12,1	0,69	9	11
	3,5	12,2	0,74	10	12
	4,0	12,2	0,80	11	12
	4,5	12,2	0,84	11	13
4,0	1,7	11,3	0,66	10	12
	2,0	11,6	0,71	11	12
	2,5	12,3	0,81	11	13
	3,0	12,7	0,89	11	13
	3,5	12,8	0,97	12	14
	4,0	12,8	1,04	13	15
	4,5	12,8	1,10	13	15
5,0	1,7	11,9	0,84	12	14
	2,0	12,1	0,91	12	14
	2,5	12,7	1,03	13	15
	3,0	13,5	1,13	12	14
	3,5	13,7	1,23	13	15
	4,0	13,7	1,32	14	16
	4,5	13,7	1,40	15	17
6,0	1,7	11,9	0,97	14	16
	2,0	12,4	1,05	14	16
	2,5	13,2	1,21	14	16
	3,0	13,9	1,34	14	16
	3,5	14,2	1,45	14	17
	4,0	14,9	1,55	15	17
	4,5	14,6	1,64	15	18
8,0	1,7	11,0	1,34	22	26
	2,0	11,8	1,45	21	24
	2,5	13,3	1,63	19	21
	3,0	14,1	1,79	18	21
	3,5	14,9	1,93	18	20
	4,0	15,2	2,06	18	21
	4,5	15,2	2,19	19	22

Toberas de ángulo bajo y "Uniformidad+"

Toberas	bar	m	m³/h	■ mm/h	▲ mm/h
1,0	1,7	7,6	0,17	6	7
	2,0	8,0	0,18	6	6
	2,5	8,6	0,20	5	6
	3,0	8,8	0,22	6	7
	3,5	8,8	0,24	6	7
	4,0	8,8	0,26	7	8
	4,5	8,8	0,27	7	8
1,5	1,7	8,2	0,26	8	9
	2,0	8,6	0,28	8	9
	2,5	9,2	0,32	8	9
	3,0	9,4	0,35	8	9
	3,5	9,4	0,38	9	10
	4,0	9,4	0,41	9	11
	4,5	9,4	0,44	10	11
2,0	1,7	8,8	0,33	9	10
	2,0	9,1	0,36	9	10
	2,5	9,5	0,41	9	10
	3,0	9,7	0,45	10	11
	3,5	9,9	0,49	10	11
	4,0	10,1	0,52	10	12
	4,5	10,1	0,56	11	13
3,0	1,7	8,8	0,51	13	15
	2,0	9,3	0,55	13	15
	2,5	10,1	0,62	12	14
	3,0	10,6	0,68	12	14
	3,5	10,8	0,74	13	15
	4,0	11,0	0,80	13	15
	4,5	11,0	0,84	14	16

◗
■ 50%
▲ 50%



Vista frontal de la Tobera Rain Curtain



Vista trasera de la Tobera Rain Curtain

Nota. Fuente**:** extraído de Rainbird.com, s.f.

ANEXO 13.3 Bomba centrífuga 1 HP

Pearl

CEP

Electrobombas Centrífugas



Aplicaciones de la bomba

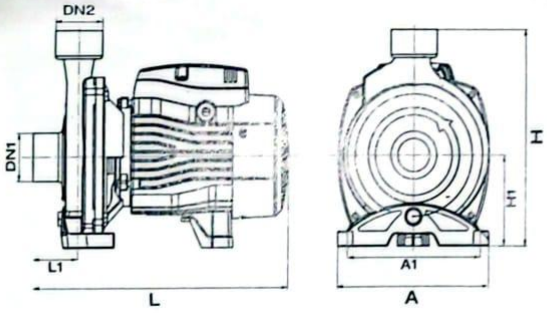
Pueden ser utilizadas para bombear agua limpia u otros liquidos de propiedades fisicoquímicas similares a las del agua. Se recomiendan para el suministro de agua en viviendas, edificios y la industria, en sistemas hidroneumáticos, en sistemas de riego para jardines, trasiego de agua, sistemas de aire acondicionado y recirculación de agua.

Características de la bomba

- Cuerpo de bomba en hierro fundido
- Soporte de bomba en aluminio
- Impulsor centrífugo cerrado en ACERO INOXIDABLE
- Eje en acero inoxidable AISI 304
- Máxima temperatura del liquido: 60 °C
- Capacidad de succión a nivel del mar: 8 m
- Sello mecánico en cerámica y grafi to, con elastómero en NBR

Características del motor

- Motor de inducción cerrado con bobinado en cobre
- Aislamiento clase F
- Protección IP 44
- Máxima temperatura de ambiente: 40°C
- Monofásico 110 V - 110/220 V - 220 V según requisición.
- 60 Hz, 3450 rpm. Incluye protector térmico interno en el devanado
- Trifásico 220 V - 220/440 V, 60 Hz, 3450 rpm
- En 50 Hz y otros voltajes disponibles bajo pedido



Dimensiones de la bomba

MODELO	DIMENSIONES							
	DN1	DN2	L [mm]	A [mm]	H [mm]	L1 [mm]	W1 [mm]	H1 [mm]
CEP 03	1"	1"	270	157	216	42	122	90
CEP 06	1"	1"	270	157	216	42	122	90
CEP 07	1"	1"	298	190	240	44	160	90
CEP 10	1"	1"	298	190	240	44	160	100
CEP 16	1"	1"	353	206	263	50	178	112

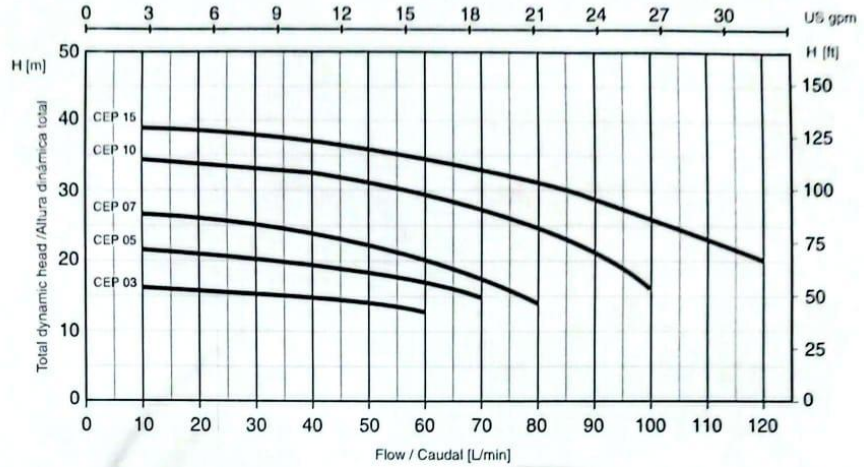


Impulsor en Acero Inoxidable

Nota. Fuente: extraído de (BOMONSA, 2025)

Bombas de Superficie
Serie CEP

Curva de Prestaciones Hidráulicas

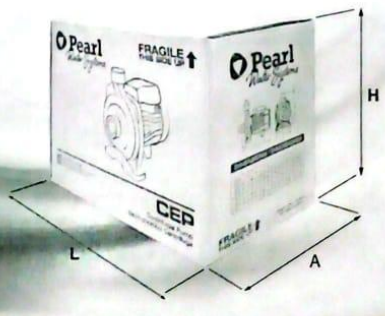


Datos de Prestaciones Hidráulicas

MODELO	POTENCIA		CAUDAL												
			m³/hr 0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2
	kW	HP	l/min 0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
			ALTURA MANOMETRICA TOTAL EN METROS												
CEP 03	0.25	0.33	17	16.5	16	15.5	14.5	13.5	12.5						
CEP 05	0.37	0.5	22	21.5	21	20.5	19.5	18	17	15					
CEP 07	0.5	0.7	27	26.5	26	24.5	24.5	22.5	20	17	14				
CEP 10	0.75	1.0	35	34.5	33.5	33	32.5	31	29	27	24	20	16		
CEP 15	1.1	1.5	40	39	38.5	38	37	36	34.5	33	31.5	29	26	23	20

Información del Empaque

MODELO	DIMENSIONES			PESO
	L [mm]	A [mm]	H [mm]	kg
CEP 03	287	180	230	7
CEP 05	287	180	230	8
CEP 07	325	210	270	11
CEP 10	325	210	270	13
CEP 15	385	226	270	18



Nota. Fuente: extraído de (BOMONSA, 2025)

GRUPO TRUPER Ficha Técnica

TRUPER expert CÓDIGO: **10075** CLAVE: **BOAC-1 1/2**

Bomba centrífuga para agua modelo europeo,1-1/2 HP, EXPERT

- Ofrece mayor caudal. Se utiliza cuando se requiere bombear mayor volumen de agua
- Recomendada para bombear agua limpia (sin partículas abrasivas)
- Ideal para llevar el agua de la cisterna al tinaco

1-1/2 HP
Potencia

130 L/min
Flujo máximo

42 m
Altura máxima

Motor con bobinas de cobre 2x mayor durabilidad que las de aluminio

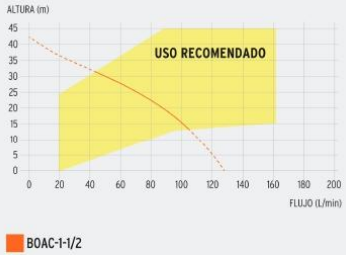
NUEVA IMAGEN



Disponible a partir del 4º trimestre 2025
La presentación del catálogo 2024 se seguirá surtiendo hasta agotar existencias.

CURVA DE RENDIMIENTO

Para una mejor selección de acuerdo a sus necesidades compare el rendimiento entre altura y flujo que brinda cada uno de los modelos.



Datos de empaque	
Empaque Individual: Caja	
Empaque logístico	**Cantidad**
Inner	**1**
Pallet	**48**

Certificaciones y garantías

Cumple con la norma NOM-003-SCFI

5 AÑOS DE GARANTÍA

NOM · ANCE

Fabricado en China bajo las estrictas especificaciones de GRUPO TRUPER

Especificaciones técnicas	
Potencia	**1-1/2 HP**
Flujo máximo	**130 L/min**
Altura máxima	**42 m**
Material del embobinado de motor	**Cobre**
Material del impulsor	**Latón**
Profundidad máxima de succión	**8 m**
Ciclo de trabajo a corriente nominal	**50 minutos de trabajo por 20 minutos de descanso. Máximo diario: 6 horas**
Tensión / Frecuencia	**127 V / 60 Hz**
Temperatura máxima del líquido	**40 °C**
Consumo	**15 A**
Velocidad	**3,450 rpm**
Grado de protección	**IPX4**
Diámetro de Entrada / Salida	**1" NPT**
Clavija	**No**
Dimensiones (Base x Alto x Fondo)	**21 x 26 x 36 cm**
Peso	**17 kg**

Los productos ilustrados y la información pueden cambiar sin previo aviso, como resultado de nuestros procesos de mejora continua.
Prohibida su reproducción o divulgación total o parcial así como su uso o aprovechamiento sin autorización escrita de Truper, S.A. de C.V.
© 2026 TRUPER, S.A. DE C.V. TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS.

ANEXO 14. Propiedades del agua

A Propiedades del agua

TABLA A.1 Unidades SI [101 Kpa (abs).]

Temperatura (°C)	Peso específico γ (kN/m³)	Densidad ρ (kg/m³)	Viscosidad dinámica μ (Pa · s) o (N · s/m²)	Viscosidad cinemática ν (m²/s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-3}	1.75×10^{-6}
5	9.81	1000	1.52×10^{-3}	1.52×10^{-6}
10	9.81	1000	1.30×10^{-3}	1.30×10^{-6}
15	9.81	1000	1.15×10^{-3}	1.15×10^{-6}
20	9.79	998	1.02×10^{-3}	1.02×10^{-6}
25	9.78	997	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}
30	9.77	996	8.00×10^{-4}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-4}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-4}	6.56×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-4}	6.00×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-4}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.98×10^{-4}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-4}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.31×10^{-4}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-4}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.73×10^{-4}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-4}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.30×10^{-4}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-4}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-4}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}

Nota. Fuente: extraído de (Mott, 2015)

ANEXO 15. Resultados de Laboratorio Análisis de calidad del agua de lluvia

Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente

FQAN-2511-0189.01 **INFORME DE ENSAYO DE AGUAS NATURALES**

LA-PT-49.RT01

NOMBRE DEL CLIENTE	DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Brigitt Nicolle Ramírez Masis	Diseño de un Sistema efiiente de Captación y utilizaciónde agua pluvial que contribuya al riego sostenible de las áreas verdes en los edificios 27EDF-01 e IES -09 de Universidad Nacional de Ingeniería		NR
ATENCION	**CARGO**	**EMAIL**	**CELULAR**
Brigitt Nicolle Ramírez Masis	Estudiante DACA	brigitte.ramirez10301@gmail.com	8690-0790

DATOS DE LA MUESTRA		CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA			
Fecha y Hora de recolección	29/10/2025	Fecha de	Ingreso de muestra	11/11/2025	Rango o valor máximo permisible o recomendado
Fuente*	M1 agua de Lluvia		Inicio de análisis	11/11/2025	
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Subterránea/ Térmica/ Aceptable		Finalización de análisis	12/12/2025	
Ubicación de la fuente*	NR		Emisión del informe de resultados	12/12/2025	
Coordenadas	NR	No. Cadena de custodia		7355	
Recolectada por	Brigitt Ramírez	Código de muestra		LA-2512-1079	
Supervisor en campo	Brigitt Ramírez	Muestra No.		Uno (01)	

METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	NTON 03004
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	5.98	6.5-8.5
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	12.72	1700
2540-C	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<1.0	1700
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.0	15
4500-D	Cloruro	mg Cl/L	4.20	250
3500-B	Hierro Total	mg Fe/L	<0.006	0.3
4500-E	Sulfato	mg SO2-4/L	2.96	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO3	8.00	500
2340-C	Dureza Cálcica	mg/L	7.40	NE
5210-B	DBO5	mg/L	18.87	NE
5220-C	DQO	mg/L	32.55	NE
4500-B	Nitrato	mg/L	0.75	50
4500-C	*Fósforo Total*	*mg/L*	*0.20*	*NE*
2540-B	Sólidos Totales	mg/L	14.00	NE
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	1.41	NE
3500-C/ISE 121	Tasa de Absorción de sodio	mg/L	1.98	NE
3500-B	Manganeso	mg/L	<0.006	0.4
3500-C	Potasio	mg K/L	0.59	30

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Limite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta,
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 24 TH 2023, MH= Metodologia Hach

EPA = Environmental Protection Agency, *NormaTécnica Obligatoria Nicaragüense de Calidad del Agua Agua Potable.

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realizacion de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan unicamente con los ítems de ensayo. Una vez recibido los informes de ensayo, la validez de su reclamo es de 28 días calendarios.

MGPD.Ing.Silvana Cruz Sánchez
Responsable de Programa UNI-PIENSA

Pag 1/1

Fin del Informe

Teléfono: (505) 2270 5613

Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595

atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni
www.piensa.uni.edu.ni

Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente

FQAN-2511-0189.02 **INFORME DE ENSAYO DE AGUAS NATURALES**

LA-PT-06-AT01

NOMBRE DEL CLIENTE	DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Brigitt Nicolle Ramírez Masis	Diseño de un Sistema eficiente de Captación y utilizaciónde agua pluvial que contribuya al riego sostenible de las áreas verdes en los edificios 27EDF-01 e IES -09 de Universidad Nacional de Ingeniería		NR
ATENCION	**CARGO**	**EMAIL**	**CELULAR**
Brigitt Nicolle Ramírez Masis	Estudiante DACA	brigitte.ramirez10301@gmail.com	8690-0790

DATOS DE LA MUESTRA		CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA			
Fecha y Hora de recolección	30/10/2025	Fecha de	Ingreso de muestra	11/11/2025	Rango o valor máximo permisible o recomendado
Fuente*	M2 agua de Lluvia		Inicio de análisis	11/11/2025	
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Pluvial/ Térmica/ Aceptable		Finalización de análisis	12/12/2025	
Ubicación de la fuente*	NR		Emisión del informe de resultados	12/12/2025	
Coordenadas	NR	No. Cadena de custodia		7355	
Recolectada por	Brigitt Ramírez	Código de muestra		LA-2512-1080	
Supervisor en campo	Brigitt Ramírez	Muestra No.		Dos (02)	

METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	NTON 03004
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	5.92	6.5-8.5
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	20.20	1700
2540-C	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<1.0	1700
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.0	15
4500-D	Cloruro	mg Cl/L	3.20	250
3500-B	Hierro Total	mg Fe/L	<0.006	0.3
4500-E	Sulfato	mg SO2-4/L	3.65	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO3	13.92	500
2340-C	Dureza Cálcica	mg/L	1.32	NE
5210-B	DBO5	mg/L	8.94	NE
5220-C	DQO	mg/L	15.42	NE
4500-B	Nitrato	mg/L	0.50	50
4500-C	*Fósforo Total*	*mg/L*	*<0.01*	*NE*
2540-B	Sólidos Totales	mg/L	5.00	NE
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	0.84	NE
3500-C/ISE 121	Tasa de Absorción de sodio	mg/L	2.08	NE
3500-B	Manganeso	mg/L	<0.006	0.4
3500-C	Potasio	mg K/L	0.39	30

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y símbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta,
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 24 TH 2023, MH= Metodologia Hach

EPA = Environmental Protection Agency, [1]NormaTécnica Obligatoria Nicaragüense de Calidad del Agua Agua Potable

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realizacion de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan unicamente con los ítems de ensayo. Una vez recibido los informes de ensayo, la validez de su reclamo es de 28 días calendarios.

MQPD.Ing.Silvano Cruz Sánchez
Responsable de Programa UNI-PIENSA

Pag. 1/1

Fin del Informe

Teléfono: (505) 2270 5613

Recinto Universitario Simón Bolívar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595

atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni
www.piensa.uni.edu.ni

Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente

FQAN-2511-0189 03

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS NATURALES

NOMBRE DEL CLIENTE	DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Brigitt Nicolle Ramirez Masis	Diseño de un Sistema eficiente de Captación y utilización de agua pluvial que contribuya al riego sostenible de las áreas verdes en los edificios 27EDF-01 e IES -09 de Universidad Nacional de Ingeniería		NR
ATENCION	**CARGO**	**EMAIL**	**CELULAR**
Brigitt Nicolle Ramirez Masis	Estudiante DACA	brigitte.ramirez10301@gmail.com	8690-0790

DATOS DE LA MUESTRA		CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA			
Fecha y Hora de recolección	4/11/2025	Fecha de	Ingreso de muestra	11/11/2025	Rango o valor máximo permisible o recomendado
Fuente*	M3 agua de Lluvia		Inicio de análisis	11/11/2025	
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Pluvial/ Térmica/ Aceptable		Finalización de análisis	12/12/2025	
Ubicación de la fuente*	NR		Emisión del informe de resultados	12/12/2025	
Coordenadas	NR	No. Cadena de custodia		7355	
Recolectada por	Brigitt Ramirez	Código de muestra		LA-2512-1081	
Supervisor en campo	Brigitt Ramirez	Muestra No.		Tres (03)	

METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	NTON 03004
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	5.91	6.5-8.5
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	7.50	1700
2540-C	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<1.0	1700
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.0	15
4500-D	Cloruro	mg Cl/L	2.60	250
3500-B	Hierro Total	mg Fe/L	<0.006	0.3
4500-E	Sulfato	mg SO2-4/L	1.71	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO3	16.32	500
2340-C	Dureza Cálcica	mg/L	2.80	NE
5210-B	DBO5	mg/L	14.90	NE
5220-C	DQO	mg/L	25.70	NE
4500-B	Nitrato	mg/L	0.31	50
4500-C	*Fósforo Total*	*mg/L*	0.21	*NE*
2540-B	Sólidos Totales	mg/L	4.00	NE
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	1.11	NE
3500-C/ISE 121	Tasa de Absorción de sodio	mg/L	1.79	NE
3500-B	Manganeso	mg/L	<0.006	0.4
3500-C	Potasio	mg K/L	0.36	30

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y linea respectiva.
Abrevaturas y simbolos: ≤ menor o igual al Limite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta.
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 24 TH 2023, MH= Metodologia Hach

EPA = Environmental Protection Agency, [1]NormaTécnica Obligatoria Nicaragüense de Calidad del Agua Agua Potable

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realizacion de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI. El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan unicamente con los ítems de ensayo. Una vez recibido los informes de ensayo, la validez de su reclamo es de 28 días calendarios.

MQPD.Ing.Silvano Cruz Sánchez
Responsable de Programa UNI-PIENSA

Fin del Informe

Teléfono: (505) 2270 5613

Recinto Universitario Simón Bolivar
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
Apdo: 5595

atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni
www.piensa.uni.edu.ni

Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente

FQAN-2511-0189.04 **INFORME DE ENSAYO DE AGUAS NATURALES**

LA-PT-46.ET01

NOMBRE DEL CLIENTE	DIRECCION DEL CLIENTE		TELEFONO
Brigitt Nicolle Ramírez Masis	Diseño de un Sistema eficiente de Captación y utilización de agua pluvial que contribuya al riego sostenible de las áreas verdes en los edificios 27EDF-01 e IES -09 de Universidad Nacional de Ingeniería		NR
ATENCION	**CARGO**	**EMAIL**	**CELULAR**
Brigitt Nicolle Ramírez Masis	Estudiante DACA	brigitte.ramirez10301@gmail.com	8690-0790

DATOS DE LA MUESTRA		CONTROL DEL LABORATORIO PARA EL PROCESAMIENTO DE LA MUESTRA			
Fecha y Hora de recolección	10/11/2025	**Fecha de**	**Ingreso de muestra**	10/11/2025	**Rango o valor máximo permisible o recomendado**
Fuente*	M4 agua de Lluvia		**Inicio de análisis**	10/11/2025	
Tipo de muestra/preservación/ /Estado envase	Agua Pluvial/ Térmica/ Aceptable		**Finalización de análisis**	12/12/2025	
Ubicación de la fuente*	NR		**Emisión del informe de resultados**	12/12/2025	
Coordenadas	NR	**No. Cadena de custodia**		7355	
Recolectada por	Brigitt Ramírez	**Código de muestra**		LA-2512-1082	
Supervisor en campo	Brigitt Ramírez	**Muestra No.**		Cuatro (04)	

METODO SM // EPA/MH	ENSAYO REALIZADO	UNIDAD	RESULTADOS	NTON 03004
4500-B	Potencial de Hidrógeno	pH	5.86	6.5-8.5
2510-B	Conductividad Eléctrica	µS/cm	10.09	1700
2540-C	Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	<1.0	1700
2120-C	Color Verdadero	mg/L (Pt-Co)	<1.0	15
4500-D	Cloruro	mg Cl/L	2.70	250
3500-B	Hierro Total	mg Fe/L	<0.006	0.3
4500-E	Sulfato	mg SO2-4/L	3.52	250
2340-C	Dureza Total	mg/L CaCO3	14.00	500
2340-C	Dureza Cálcica	mg/L	12.80	NE
5210-B	DBO5	mg/L	12.91	NE
5220-C	DQO	mg/L	22.27	NE
4500-B	Nitrato	mg/L	0.57	50
4500-C	*Fósforo Total*	*mg/L*	*0.17*	*NE*
2540-B	Sólidos Totales	mg/L	3.00	NE
4500-B	Nitrógeno Total	mg/L	0.58	NE
3500-C/ISE 121	Tasa de Absorción de sodio	mg/L	1.67	NE
3500-B	Manganeso	mg/L	<0.006	0.4
3500-C	Potasio	mg K/L	0.28	30

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.
Abreviaturas y simbolos: ≤ menor o igual al Límite de Detección que se especifica por parámetro, NE= No especificada en la Norma, NR= No Reporta,
Metodos, Normas y/o Decreto empleados: SM = Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 24 TH 2023, MH= Metodologia Hach

EPA = Environmental Protection Agency, [1]NormaTécnica Obligatoria Nicaragüense de Calidad del Agua Agua Potable

Observaciones: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada por el cliente a la Oficina de Atención al Cliente, el cual proporciona los datos de la muestra reportada en el presente informe, para la realizacion de los ensayos ejecutados en las instalaciones de los laboratorios ambientales PIENSA-UNI El Laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados.

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente. El laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe. Los resultados emitidos se relacionan unicamente con los items de ensayo. Una vez recibido los informes de ensayo, la validez de su reclamos es de 28 días calendarios.

MGPD.Ing.Silvano Cruz Sánchez
Responsable de Programa UNI-PIENSA

Pag. 1/1

Fin del Informe

Teléfono: (505) 2270 5613

Recinto Universitario Simón Bolivar
Avenida Universitaria
Managua, Nicaragua
Apdo. 5595

atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni
www.piensa.uni.edu.ni

ANEXO 16. Presupuesto detallado de construcción de cisterna

ANEXO 16.1 Construcción de Cisterna 4.257 x 8.515 x 4 m

ALCANCE DE OBRAS -CISTERNA 1
PROYECTO: Construcción de Cisterna
Dimensiones : 4.257 x 8.515x 4 mts

Managua, 12 de Abril de 2026.

					COSTO TOTAL	
ETAPA		ACTIVIDAD	U.M	CANT	UNITARIO	TOTAL
1						**56,706.15**
	1.1	**CISTERNA**				
	1.1.1	Excavación	m^3	255.88	3.04	777.88
	1.1.2	Botar material	m^3	342.07	6.35	2,172.15
	1.1.3	Concreto 4000 psi **(con aditivo integral SIKALITE)**	m^3	38.11	166.62	6,349.78
	1.1.4	Formaleta	m^2	238.35	19.37	4,616.85
	1.1.5	Acero de Refuerzo	Kg	20,651.73	1.49	30,771.08
	1.1.6	Instalación de Water Stop modelo 955 GreenStreak	ml	25.54	7.36	188.01
	1.1.7	Tapas de acceso de 1.50 x 1.50 mts	unidad	1.00	239.94	239.94
	1.1.8	Piqueteo	m^2	274.60	3.06	840.27
	1.1.9	Relleno con material del sitio	m^3	110.89	8.90	986.91
	1.1.10	Repello	m^2	274.60	9.70	2,663.61
	1.1.11	Fino	m^2	274.60	6.31	1,732.72
	1.1.12	Tapa metalica de inspeccion, pintada con cromato de zinc a 2 manos y pintura anticorrisiva, con 2 agarraderasde hierro fundido de 3/8 plg , platina de 3/8 x 2 plg	1			
	1.1.13	Peldaños galvanizados Ø1" x 1.40ml colocada a @0.278 mts acero # 6	unidad	12.00	12.05	144.60
	1.1.14	Impermeabilización interior con maxiseal plus	m^2	138.42	18.84	2,607.91
	1.1.15	Impermeabilización exterior con maxiseal plus	m^2	102.18	18.84	1,925.00
		Mejoramiento con suelo cemento bajo cisterna				
	1.1.16	Excavación Estructural	m^3	7.25	3.04	22.04
	1.1.17	Mejoramiento de suelo cemento proporción 1:3	m^3	7.25	92.06	667.40
		COSTO DIRECTO TOTAL				**56,706.15**
		COSTOS INDIRECTOS	%	19.00%		10,774.17
		SUB TOTAL				67,480.32
		ADMINISTRACIÓN	%	5.50%		3,711.42
		UTILIDAD	%	5.50%		3,711.42
		TOTAL DE LA OFERTA SIN IMPUESTOS				**74,903.16**

Nota. Fuente: Consultoría Vargas, (2025)

ANEXO 16.2 Construcción de Cisterna 7.027 x 14.053 x 4 m

ALCANCE DE OBRAS -CISTERNA 2
PROYECTO: Construcción de Cisterna
Dimensiones : 7.027 x 14.053 x 4 mts

Managua, 12 de Abril de 2026.

					COSTO TOTAL	
ETAPA		ACTIVIDAD	U.M	CANT	UNITARIO	TOTAL
1						**135,650.18**
	1.1	**CISTERNA**				
	1.1.1	Excavación	m^3	575.67	3.04	1,750.04
	1.1.2	Botar material	m^3	774.05	6.35	4,915.19
	1.1.3	Concreto 4000 psi **(con aditivo integral SIKALITE)**	m^3	82.65	166.62	13,771.68
	1.1.4	Formaleta	m^2	456.03	19.37	8,833.23
	1.1.5	Acero de Refuerzo	Kg	56,260.97	1.49	83,828.84
	1.1.6	Instalación de Water Stop modelo 955 GreenStreak	ml	42.16	7.36	310.30
	1.1.7	Tapas de acceso de 1.50 x 1.50 mts	unidad	1.00	239.94	239.94
	1.1.8	Piqueteo	m^2	532.53	3.06	1,629.54
	1.1.9	Relleno con material del sitio	m^3	180.67	8.90	1,607.95
	1.1.10	Repello	m^2	532.53	9.70	5,165.55
	1.1.11	Fino	m^2	532.53	6.31	3,360.27
	1.1.12	Peldaños galvanizados Ø1" x 1.40ml colocada a @0.278 mts , acero # 6	unidad	12.00	12.05	144.60
	1.1.13	Impermeabilización interior con maxiseal plus	m^2	267.39	18.84	5,037.64
	1.1.14	Impermeabilización exterior con maxiseal plus	m^2	168.64	18.84	3,177.18
		Mejoramiento con suelo cemento bajo cisterna				
	1.1.15	Excavación Estructural	m^3	19.75	3.04	60.04
	1.1.16	Mejoramiento de suelo cemento proporción 1:3	m^3	19.75	92.06	1,818.19
		COSTO DIRECTO TOTAL				**135,650.18**
		COSTOS INDIRECTOS	%	19.00%		25,773.53
		SUB TOTAL				161,423.71
		ADMINISTRACIÓN	%	5.50%		8,878.30
		UTILIDAD	%	5.50%		8,878.30
		TOTAL DE LA OFERTA SIN IMPUESTOS				**179,180.31**

Nota. Fuente: Consultoría Vargas, (2025)

ANEXO 17. Cotización de Bombas Centrífugas

BOMONSA
BOMBAS Y MOTORES DE NICARAGUA S.A.
El Poder de la Experiencia

R.U.C. J0310000115435

COTIZACIÓN

facebook.com/bomonsa/ www.bomonsa.com

PARA: BRIGITT RAMIREZ

COTIZACIÓN No. 73471
FECHA: 03/01/2026

ATENCIÓN: -
TELÉFONO: -
ASUNTO: Bombas
CONDICIÓN DE OPERACIÓN:

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
602045250032	BOMBA CENTRIFUGA FRANKLIN FAC-300S 3HP 1PH	2.00	83,000.00	166,000.00
602080100078	BOMBA CENTRIFUGA FRANKLIN ELECTRIC 2HP 208-230/460 30FMH4P-63 E2 IE3 BIGPACK_96175130304)	2.00	42,059.00	84,118.00
602052500030	BOMBA CENTRIFUGA PEARL 1HP 1PH 110/220V CEP10F16S	1.00	7,357.82	7,357.82

VÁLIDEZ DE LA OFERTA	TIEMPO DE ENTREGA	GARANTÍA
10 días	inmediata	12 meses desp fab

SUB-TOTAL	C$	257.475,82
I.V.A.	C$	38.621,37
TOTAL	C$	296.097,19

Al momento de realizar su pedido favor brindenos su número de Cotización ¡GRACIAS POR PREFERIRNOS!

OBSERVACIONES

CONTACTO
Ana Luisa Romero
7763-2001
ana.romero@bomonsa.ni
Sucursal MNG

CONDICIONES DE PAGO
CONTADO

Km.3 Carretera Sur, Semáforos El Guanacaste, 10Vrs. Este, contiguo a Gasolinera Uno, Managua, Nicaragua.
Tel. 2264-2444, 2264-2445, 2266-2200

NR-003 VERSIÓN 8 04-03-2024

Universidad Nacional de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO PEDRO ARÁUZ PALACIOS

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	69-F38A7-3		
NOMBRE	RAMÍREZ MASIS BRIGITT NICOLLE		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN DE ÁREA DE CONOCIMIENTO DE AGRICULTURA		
CARRERA	Ingeniería Química		
TURNO	Diurno	**SEXO**	F
AÑO MATRICULADO	6	**GRUPO**	D1FCE-QUI-R
SIT. ESC	REINGRESO	**AÑO ING. EDUC. SUP**	2017

AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
6	D1FCE-QU	FORMAS DE CULMINACION DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en https://singu.setec.edu.ni/

□
FECHA: 26/02/2026 09:11:46

Creado Por: DPEREZ3
Actualizado Por:

INICIO DE CLASES:
-- NUEVO INGRESO 2026:
--PRESENCIAL: LUNES 2 DE FEBRERO
--SABATINO: SÁBADO 31 DE ENERO
--DOMINICAL: DOMINGO 1 DE FEBRERO
--REINGRESO 2026:
-- CARRERAS DE CIENCIAS DE LA SALUD (II AÑO - VI AÑO): LUNES 26 DE ENERO.
--PRESENCIAL: 9 DE MARZO
--SABATINO: 7 DE MARZO
--DOMINICAL: 8 DE MARZO