



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMIA
POSTGRADO DE INGENIERIA AGRICOLA

**EVALUACION HIDRAULICA Y FUNCIONAL DEL SISTEMA DE RIEGO TRASVASE
TAIGUAIGUAY – VALLES DE TUCUTUNEMO
MUNICIPIO ZAMORA ESTADO ARAGUA.**

ING. PAUL H. SIERRA

Tesista

DR. ARGENIS IZQUIEL

Tutor Académico

JULIO. 2017

INDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCION	1
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVO ESPECÍFICOS	4
MARCO TEORICO	5
Riego	5
Sistemas de Riego por Gravedad.	5
Sistemas de Riego Presurizados	6
Consecuencias de la Explotación del Recurso Agua en el Riego	7
Evaluación Hidráulica de los Sistemas de Riego.	17
Evaluación del Sistema de Distribución y Conducción y Aplicación en Parcela.	18
Pérdidas Primarias	19
Pérdidas Secundarias	20
Ensanchamiento Súbito	21
Ensanchamiento Gradual	22
Contracción Súbita	23
Contracción Gradual	24
Coeficiente de Resistencia para Juntas y Válvulas	25
Calculo para Evaluación de la Capacidad de Bombeo	27
Carga o Altura Dinámica Total de Bombeo (ADT)	27
Dimensionamiento de las Bombas y Motores	28
Evaluación del sistema de riego parcelario.	28
Evaluación Riego Presurizado	28
Evaluación Riego por Gravedad	29
Indicadores de Eficiencia en los Métodos de Riego	30
Coeficiente de Uniformidad	30
Factores Considerados Influyentes en la Eficiencia de los Sistemas de Riego por Gravedad	31
Tiempo de riego	31
Longitud óptima del surco (LOPS)	31
Percolación profunda	31
Forma de los surcos	32
Pendiente del suelo	32
Infiltración	32
Infiltración de los suelos	32
Medición de la infiltración	33
Cilindros Infiltrómetros	34
Surcos Infiltrómetros	34
Velocidad de Infiltración	34

Velocidad de instantánea o Infiltración Instantánea (li)	36
Velocidad acumulada (la)	36
Evaluación del Riego por Aspersión	37
Características del aspersor	38
Evaluación de la Eficiencia de Funcionamiento de los Sistemas de Riego Presurizado (Aspersión y Goteo) construidos en la Fase I del Sistema de Riego Taiguaiguay – Tucutunemo.	41
Coeficiente de Evaluación de Keller y Karmeli	41
Otros Factores a Considerar para la Evaluación de la Eficiencia de los Sistemas de Riego	42
Necesidad de Agua de los Cultivos	42
Calculo de la Evapotranspiración de Cultivo (ETC.)	42
Calculo de la lámina de riego de los cultivos.	43
MATERIALES Y MÉTODOS	45
MATERIALES	45
MÉTODOLOGIA	46
Entrevista a Productores	46
Levantamiento de la Infraestructura a Evaluar	46
Muestreo Estratificado Aleatorio para Selección de la Muestra de los Sistemas de Riego a Evaluar de Acuerdo al Tipo de Sistema (Gravedad. Goteo y Aspersión)	49
Fórmula para Selección del Tamaño de la Muestra	51
Evaluación de la Eficiencia de Funcionamiento de la Obra Construida para la Dotación de Agua para Riego en la Fase I del Sistema Taiguaiguay - Valles de Tucutunemo	54
Evaluación del Riego por Gravedad	55
Procesamiento Estadístico de los Datos Obtenidos en Campo Mediante la Aplicación del Modelo de Regresión Lineal Múltiple y Correlación Múltiple	57
RESULTADOS Y DISCUSIONES.	59
Evaluación del sistema de distribución de agua obtenida del sistema trasvase Taiguaiguay - Tucutunemo para su aprovechamiento en el riego de 1800 ha.	65
Evaluación parcelaria de los métodos de riego alimentados con agua proveniente del trasvase Taiguaiguay Tucutunemo.	97
CONCLUSIONES	146
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	149

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
Cuadro 1. Coeficiente De Resistencia De Dilatación Gradual De Tubería	23
Cuadro 2. Coeficiente De Resistencia De Contracción Gradual De Tubería	24
Cuadro 3. Resistencia En Válvulas Y Junturas Expresadas Como Longitud Equivalente En Diámetros De Conducto, Lc/D.	25
Cuadro 4. Factor De Fricción En Zona De Turbulencia Completa Para Conductos De Acero Comercial Nuevo Y Limpio	26
Cuadro 5. Eficiencia Utilizada Para Diferentes Métodos De Riego	30
Cuadro 6. Relación Entre Las Textura Del Suelo Y La Velocidad De Infiltración Mm, H^{-1}	35
Cuadro 7. Relación Entre Textura Del Suelo, Tasa De Infiltración Y Caudal	35
Cuadro 8. Valor De Uniformidad De La Distribución	40
Cuadro 9. Tamaño De Muestra Obtenida Sobre La Información Levantada En Campo	54
Cuadro 10. Cuadro Resumen De Resultados Obtenidos Del Cálculo De Las Pérdidas De Carga Realizado A Los Distintos Sectores De La Tubería De Acero Carbono Y P.E.A.D Ubicadas En Los Territorios Taiguaiguay Y Tucutunemo.	69
Cuadro 11. Longitudes (M) Y Perdidas De Carga (M Km-1) Acumuladas Calculadas En El Territorio Taiguaiguay.	70
Cuadro 12. Longitudes (M) Y Perdidas De Carga (M/Km) Acumuladas Calculadas En El Territorio Tucutunemo.	71
Cuadro 13. Resumen De Resultados Obtenidos Para El Cálculo De Las Pérdidas De Carga Mediante La Aplicación De Las Ecuaciones De Hazen Y Willians Y Darcy - Weisbach.	73
Cuadro 14. Longitudes (M) Y Perdidas De Carga (M) Total Calculadas Para La Tubería Acero Carbono Considerando Los Tramos De Tubería P.E.A.D Ø (110 -250) Mm Incorporados A La Red En El Sector Taiguaiguay.	74
Cuadro 15. Calculo De Pérdidas De Carga De La Tubería Acero Carbono Con La Aplicación De La Ecuación De Bernoulli	75
Cuadro 16. Parámetros Climáticos De Cada Estación Utilizados En El Estudio.	79
Cuadro 17. Registro De Temperaturas (1971-1993). Estación Meteorológica El Cortijo	80

Cuadro 18. Registro De Precipitaciones Y Evaporación En Estación Meteorológica El Cortijo	82
Cuadro 19. Registro De Datos De Humedad Relativa Máxima. Mínima Y Media En La Estación Meteorológica El Cortijo.	83
Cuadro 20. Registros De Datos De Insolación. Nubosidad Y Velocidad Del Viento En Estación Meteorológica El Cortijo.	85
Cuadro 21. Distribución De La Dirección Del Viento (Grados De Variación Con Respecto A La Dirección Norte. Estación Base Aérea Sucre.	86
Cuadro 22. Registro De Datos De Radiación.	87
Cuadro 23. Valores De Evapotranspiración Obtenidos De La Ecuación De Penman-Montheith.	89
Cuadro 24. Balance Hídrico General Con Datos De Estación Meteorológica El Cortijo.	90
Cuadro 25. Kc Etapa De Crecimiento Del Cultivo De Hortalizas	91
Cuadro 26. Kc Etapa De Crecimiento Del Cultivo De Cereales Maíz.	91
Cuadro 27. Kc Etapa De Crecimiento Del Cultivo De Leguminosas.	92
Cuadro 28. Kc Etapa De Crecimiento Del Cultivo De Frutales Y Pastos.	93
Cuadro 29. Láminas Calculadas De Acuerdo Con La Eficiencia Y Tipo De Riego Aplicado.	96
Cuadro 30. Productores Seleccionados Para La Evaluación Parcelaria Del Riego.	97
Cuadro 31. Coordenadas De Ubicación De Los Aspersores Evaluados En La Hacienda Tamarindo Sector Taiguaiguay. Municipio Zamora. Estado Aragua.	101
Cuadro 32. Coordenadas De Ubicación De Los Aspersores Evaluados En La Hacienda El Ancón Sector Valles De Tucutunemo. Municipio Zamora. Estado Aragua.	101
Cuadro 33. Parcelas Evaluadas Con Riego Por Aspersión En La Hacienda El Tamarindo Del Sector Taiguaiguay.	103
Cuadro 34. Parcelas Evaluadas Con Riego Por Aspersión En La Hacienda El Ancón Del Sector Valles De Tucutunemo.	104
Cuadro 35. Coeficientes De Uniformidad De Distribución Obtenidos En Evaluación Realizada En Parcelas De La Hacienda El Tamarindo. Ubicada En El Sector Taiguaiguay. Municipio Zamora Del Estado Aragua.	117
Cuadro 36. Coeficientes De Uniformidad De Distribución Obtenidos En Evaluación Realizada En Parcelas De La Hacienda El Ancón. Ubicada En El Sector Valle De Tucutunemo. Municipio Zamora Del Estado Aragua.	118

Cuadro 37. Georeferenciación De Las Parcelas Seleccionadas Para La Evaluación De Los Sistemas De Riego Por Goteo En Los Sectores Múcura I Y Múcura li Del Territorio Taiguaiguay. Municipio Zamora Del Estado Aragua .	122
Cuadro 38. Georeferenciación De Las Parcelas Seleccionadas Para La Evaluación De Los Sistemas De Riego Por Goteo En Los Sectores La Lagunita Y Parte Baja Del Cortijo Del Territorio Valle De Tucutunemo.	123
Cuadro 39. Resumen De Resultados Obtenidos En Relación Al Cálculo De Las Láminas De Riego Requeridas Por Los Cultivos	125
Cuadro 40. Calculo De Pérdidas De Carga Para Tubería Acero Carbono De Diámetro 48" Y 36".	126
Cuadro 41. Calculo De Pérdidas De Carga Para Tubería P.E.A.D Interna De Diámetro 4 " Del Sistema De Riego Por Goteo En La Parcela Seleccionadas.	127
Cuadro 42. Calculo De Pérdidas De Carga Generada Por Accesorios Presentes En La Red De Tuberías De Acero Carbono Y P.E.A.D	127
Cuadro 43. Resumen De Resultados Obtenidos De Porcentaje De Pérdidas De Carga Obtenidos Por Tramo De Tubería En Relación A La Ubicación De La Parcela Y Longitud De La Tubería Recorrida.	128
Cuadro 44. Valores Referenciales Para Considerar Los Índices De Evaluación De Uniformidad Como Buenos.	129
Cuadro 45. Presiones Obtenidas En Los Territorios Evaluados De Taiguaiguay Y Valles De Tucutunemo.	130
Cuadro 46. Resultados Obtenidos En Las Parcelas Con Los Coeficiente De Uniformidad (Cu); Coeficiente De Variación (Cv) Y Uniformidad De Distribución (Ud).	131
Cuadro 47. Valores De Solidos Suspendidos Totales Del Embalse De Taiguaiguay (Sst).	133
Cuadro 48. Valores De Coliformes Totales Y Fecales Del Embalse De Taiguaiguay.	135
Cuadro 49. Resultados Obtenidos En Análisis Edafológico En Las Parcelas Con Riego Por Goteo En Los Sectores Múcura I Y Múcura li Del Territorio Taiguaiguay.	140
Cuadro 50. Resultados Obtenidos En Análisis Edafológico En Las Parcelas Con Riego Por Goteo De Los Sectores La Lagunita Y El Cortijo Del Territorio Valles De Tucutunemo.	141
Cuadro 51. Resultados De Análisis Granulométricos Realizado A Las Muestras De Suelo En Las Parcelas Con Riego Por Goteo En Los Sectores Múcura I Y Múcura li De Taiguaiguay.	143

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
figura 1. Distribución De Los Embalses Empleados Como Reservorios De Agua Para Riego En La Cuenca Del Lago De Valencia.	8
Figura 2. Vista De La Distribución De Pozos Profundos Construidos En El Territorio Taiguaiguay Empleados Para La Producción Agrícola Antes De La Construcción Del Sistema De Riego.	10
Figura 3. Vista De La Distribución De Lagunas Construidas En El Territorio Taiguaiguay Empleadas Para El Almacenamiento De Agua Destinada A La Producción Agrícola Antes De La Construcción Del Sistema De Riego	10
Figura 4. Distribución De Pozos Profundos Construidos En El Territorio Valle De Tucutunemo Empleados Para La Producción Agrícola Antes De La Construcción Del Sistema De Riego.	11
Figura 5. Vista De La Distribución De Lagunas Construidas En El Territorio Valle De Tucutunemo Empleadas Para El Almacenamiento De Agua Destinada A La Producción Agrícola Antes De La Construcción Del Sistema De Riego.	12
Figura 6. Mapa Con Poligonales Definidas Para La Ejecución De Las Fases I Y II Del Proyecto Integral De Desarrollo De Los Territorios Taiguaiguay - Valles De Tucutunemo.	13
Figura 7. Mapa Con Detalle De Distribución Del Sistema De Tuberías (110-250) Mm Construido En El Territorio Taiguaiguay Para El Desarrollo Del Proyecto De Riego De 1200 Ha.	14
Figura 8. Mapa Con Detalle De Distribución Del Sistema De Tuberías (110-250 Mm) Construido En El Territorio Valle De Tucutunemo Para El Desarrollo Del Proyecto De Riego De 600 Ha En Su Fase I.	15
Figura 9. Vista De Obra De Riego Construida En La Fase I Del Sistema Taiguaiguay-Tucutunemo.	16
Figura 10. Dilatación Súbita De Tubería	22
Figura 11. Dilatación Gradual De Tubería	22
Figura 12. Contracción Súbita	24
Figura 13. Contracción Gradual De Tubería	24

Figura 14. Curvas De Velocidad De Infiltración En Función Del Tiempo	36
Figura 15. Parcelas Seleccionadas Para Muestreo En El Territorio Taiguaiguay	50
Figura 16. Parcelas Seleccionadas Para Muestreo En El Territorio Tucutunemo.	50
Figura 17. Fases Del Diseño Del Sistema De Información Geográfico	59
Figura 18. Mapa Con Detalle De Distribución De Las Parcelas Con Riego En Los Territorios Taiguaiguay Y Tucutunemo Antes De La Construcción De La Obra.	61
Figura 19. Mapa Con Detalle De Distribución De Las Parcelas Con Incremento De Parcelas Con Riego En Los Territorios Taiguaiguay Y Tucutunemo Después De La Construcción De La Obra.	62
Figura 20. Incremento De La Superficie Cultivada (Ha) En El Valle De Tucutunemo Sectores (El Ancón, La Lagunita Y Parte Baja Del Cortijo). .	63
Figura 21. Incremento De La Superficie Cultivada (Ha) En Taiguaiguay Después De La Construcción Del Sistema De Distribución De Agua Para Riego Aprovechada Del Sistema Trasvase.	64
Figura 22. Incremento De La Superficie Bajo Riego En El Valle De Tucutunemo Sectores (El Ancón. La Lagunita Y Parte Baja Del Cortijo) Después De La Construcción Del Sistema De Distribución De Agua Para Riego Aprovechada Del Sistema Trasvase .	65
Figura 23. Incremento De La Superficie Bajo Riego (Ha) En Taiguaiguay Después De La Construcción Del Sistema De Distribución De Agua Para Riego Aprovechada Del Sistema Trasvase.	65
Figura 24. Mapa Con Detalle De Distribución De Los Sectores Seleccionados Para El Cálculo De Las Pérdidas De Carga Del Sistema De Tuberías (110-250) Mm Construido En El Territorio Taiguaiguay Para El Desarrollo Del Proyecto De Riego De 1200 Ha.	67
Figura 25. Mapa Con Detalle De Distribución De Los Sectores Seleccionados Para El Cálculo De Las Pérdidas De Carga Del Sistema De Tuberías (110-250) Construido En El Territorio Valle De Tucutunemo Para El Desarrollo Del Proyecto De Riego De 600 Ha En Su Etapa I.	68
Figura 26. Resultados De La Relación Obtenida Entre Las Pérdidas De Carga Calculadas Y La Longitud De La Tubería Considerada En El Tramo Para El Cálculo Teórico, Zona Taiguaiguay	70

Figura 27. Resultados De La Relación Obtenida Entre Las Pérdidas De Carga Calculadas Y La Longitud De La Tubería Considerada En El Tramo Para El Cálculo Teórico. Zona Valles De Tucutunemo.	71
Figura 28. Vista De Contador Volumétrico Instalado Y Caudal Registrado Durante La Ejecución De La Prueba De Medición.	76
Figura 29. Mapa Con Detalle De Distribución De Los Puntos Seleccionados Para El Muestreo De Caudal En Los Sectores Que Conforman El Territorio Taiguaiguay.	77
Figura 30. Mapa Con Detalle De Distribución De Los Puntos Seleccionados Para El Muestreo De Caudal En Los Sectores Que Conforman El Territorio Tucutunemo.	77
Figura 31. Distribución De La Temperatura A Lo Largo Del Año Con Datos Provenientes De La Estación Meteorológica El Cortijo..	81
Figura 32. Precipitación Y Evaporación Promedio Mensual Estación Meteorológica El Cortijo.	82
Figura 33. Distribución De La Humedad Relativa A Lo Largo Del Año. Estación Meteorológica El Cortijo.	84
Figura 34. Distribución De La Insolación Y Velocidad Del Viento A Lo Largo Del Año En Estación Meteorológica El Cortijo.	85
Figura 35. Distribución De La Dirección Del Viento En El Año Estación Meteorológica Base Sucre	86
Figura 36. Balance Energético Radiante. Con Datos De Estación Meteorológica El Cortijo.	88
Figura 37. Balance Hídrico General Taiguaiguay – Tucutunemo. Con Datos De Estación Meteorológica El Cortijo.	90
Figura 38. Curva Kc Cultivo De Hortalizas. Zona Taiguaiguay Y Valles De Tucutunemo	91
Figura 39. Curva Kc Cultivo De Maíz. Zona Taiguaiguay Y Valles De Tucutunemo	92
Figura 40. Curva Kc Cultivo De Leguminosas Zona Taiguaiguay Y Valles De Tucutunemo	92
Figura 41. Curva Kc Cultivo De Leguminosas. Zona Taiguaiguay Y Valles De Tucutunemo	93
Figura 42. Vista Del Aspensor Empleado En Las Parcelas Evaluadas Con Riego Por Aspersión.	98
Figura 43. Revisión De La Orientación De La Línea Para Instalación De Los Pluviómetros.	99
Figura 44. Inicio De Pruebas De Aspersión.	99

Figura 45. Secado De Muestras Para Obtención De Humedad Gravimetrica.	99
Figura 46. Instalación De Pluviómetro.	99
Figura 47. Obtencion De Muestras De Suelo Húmedo A Capacidad De Campo.	99
Figura 48. Medición De La Lámina De Agua Captada Por El Pluviómetro.	99
Figura 49. Ubicación De Los Lotes Seleccionados Para Su Evaluación Con Riego Por Aspersión Sector Hacienda Tamarindo Taiguaiguay.	100
Figura 50. Ubicación De Los Lotes Seleccionados Para Su Evaluación Con Riego Por Aspersión Sector Hacienda El Ancón. Valles De Tucutunemo.	100
Figura 51. Esquema Con Distribución De Pluviómetros Instalados En Campo.	102
Figura 52. Distribución De Lámina De Agua (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 01 Hacienda Tamarindo.	108
Figura 53. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 02 Hacienda Tamarindo	108
Figura 54. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metalrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 03 Hacienda Tamarindo.	109
Figura 55. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 04 Hacienda Tamarindo	109
Figura 56. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 05 Hacienda Tamarindo	110
Figura 57. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 06 Hacienda Tamarindo.	110
Figura 58. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 07 Hacienda Tamarindo.	111
Figura 59. Gráficos Con Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 08 Haciendatamarindo.	111
Figura 60. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 09 Hacienda Tamarindo.	112
Figura 61. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado Del Aspersor Instalado En La Parcela 10 Hacienda Tamarindo.	112

Figura 62. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 01 Hacienda El Ancón Valle De Tucutunemo.	113
Figura 63. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 02 Hacienda El Ancón Valle De Tucutunemo.	113
Figura 64. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 03 Hacienda El Ancón Valle De Tucutunemo.	114
Figura 65. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 04 Hacienda El Ancón Valle De Tucutunemo.	114
Figura 66. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 05 Hacienda El Ancón Valle De Tucutunemo.	115
Figura 67. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 06 Hacienda El Ancón Valle De Tucutunemo.	115
Figura 68. Distribución De Lámina De Lluvia (Mm) Evaluados En Un Radio De 30 Metros Alrededor Del Aspersor Instalado En La Parcela 06 Hacienda El Ancón Valle De Tucutunemo.	116
Figura 69. Ubicación De Fugas Encontradas En La Red Secundaria Producto De Desprendimiento Brusco De Las Válvulas De Seguridad Las Cuales Fueron Retiradas Por Tractores Que Laboraban En La Zona.	119
Figura 70. Ubicación De Parcelas Muestreadas Para Evaluación Hidráulica De Los Sistemas Con Riego Por Goteo En Los Sectores Taiguaiguay Y Tucutunemovista De Los Sistemas De Riego Analizados.	120
Figura 71. Levantamiento De Información En Campo Para El Análisis Hidráulico Y Funcional De Sistemas De Riego Por Goteo En Taiguaiguay Y Tucutunemo. (A) Colocación De Pluviómetros, (B) Medición De Presión, (C) Medición De Volumen Recogido, (D) Toma De Muestras De Suelo A Capacidad De Campo.	121
Figura 72. Esquema Representativo De Evaluación En Parcelas Con Riego Por Goteo Seleccionados En Campo Con Superficie De 1 Ha, Sub Dividido En Cuatro Unidades Básicas De Riego.	121

Figura 73. Detalle Del Esquema De Muestreo Realizado En La Básicas De Riego De Con Marco De Trazado De 25 M X 25 M.	122
Figura 74. Levantamiento De Información En Campo Para El Análisis Hidráulico Y Funcional De Sistemas De Riego Por Goteo En Taiguaiguay Y Tucutunemo, (A) Vista De Descarga A La Salida Del Cabezal, (B) Filtro De Anillo, (C) Vista De Los Latiguillos Salientes Para Conexión De Líneas Regantes, (D) Vista De Hidrantes Empleados Para Sectorizar Las Sub Unidades Básicas De Riego.	124
Figura 75. Características De La Cinta De Riego Distribuido A Los Productores Beneficiados Con El Programa De Instalación De Sistemas De Riego Parcelario En La Obra Trasvase.Taiguaiguay – Valles De Tucutunemo	124
Figura 76. Valores De Solidos Suspendidos Totales (Sst) Medidos A La Entrada Del Embalse De Taiguaiguay Vs Valores De La Norma Oficial De Calidad De Agua En Venezuela Año 2011)	134
Figura 77. Valores De Coliformes Totales (Nmp/100 Ml) Medidos A La Entrada Del Embalse De Taiguaiguay Vs Valores De La Norma Oficial De Calidad De Agua En Venezuela.	136
Figura 78. Variacion (%) De Perdidas De Carga A Lo Largo Del Recorrido Ejercido Por El Agua Para Suplir De Agua Las Parcelas Evaluadas Con Riego Por Goteo En Los Sectores Mucura I Y Mucura li En La Zona De Taiguaiguay .	138
Figura 79. Variacion (%) De Perdidas De Carga A Lo Largo Del Recorrido Para Suplir De Agua Las Parcelas Evaluadas Con Riego Por Goteo En Los Sectores La Lagunita Y Parte Baja Del Cortijo En El Sector Valle De Tucutunemo.	138

RESUMEN

EVALUACION HIDRAULICA Y FUNCIONAL DEL SISTEMA DE RIEGOTRASVASE TAIGUAIGUAY – VALLES DE TUCUTUNEMO, MUNICIPIO ZAMORA, ESTADO ARAGUA.

Las regiones Taiguaiguay – Valles de Tucutunemo se encuentran ubicadas en el Municipio Zamora del Estado Aragua, y forman parte de la cuenca del Lago de Valencia; ambos territorios se encuentran conformados por 14 sectores que desarrollan actividades agrícolas, orientadas a la producción de rubros como: hortalizas, cereales, leguminosas y frutales, se caracterizan por presentar un paisaje de tipo valle, siendo el caso de Taiguaiguay un paisaje limitado por el incremento de superficie del espejo de agua que ha presentado el embalse de Taiguaiguay durante los últimos años, En febrero de 2005, el Gobierno Bolivariano de Venezuela decreta según Gaceta Oficial Numero 38,134. la reactivación del proyecto del Lago de Valencia siendo una de sus metas el control del nivel del embalse de Taiguaiguay en la cota 408.50 msnm. En este sentido son enviados a la cuenca del rio Guárico un total de 3000 L.s^{-1} evacuados del embalse mediante la activación de la obra del trasvase Taiguaiguay - Tucutunemo, la obra es puesta en marcha en marzo de 2010, fecha en la cual el Gobierno Bolivariano de Venezuela decreta según Gaceta Oficial Numero 39.377 la ejecución del proyecto Agrario Socialista de Consolidación de los territorios Taiguaiguay y Valle de Tucutunemo ubicados en el municipio Zamora del Estado Aragua para su ejecución a través del Instituto Nacional de Desarrollo Rural (INDER), el cual inició la implantación de la Etapa I del proyecto del sistema de distribución de agua para riego que contempla una meta inicial de aseguramiento en la dotación del recurso hídrico para una superficie de 1800 ha distribuidas en los sectores Taiguaiguay (Tamborón, La Majada, Múcura I, Múcura II, Santa María y Casa Blanca) y Tucutunemo (La Lagunita y El Cortijo parte baja) quedando para la Etapa II del proyecto la instalación de una red de distribución de agua para riego para una superficie de 2000 ha ubicadas en las zonas altas del valle de Tucutunemo que involucran los asentamientos campesinos (El Cortijo parte alta, El Espinal, El

Cedral, Los Bagres, El Ocumo y El Onoto), Actualmente la Fase I del proyecto se encuentra finalizada, beneficiando con dotación de agua para riego una superficie total de 1800 ha distribuidas entre 400 productores que emplean sistemas de riego por goteo, aspersión y gravedad, Este trabajo presenta los resultados obtenidos sobre la evaluación realizada para determinar la eficiencia hidráulica y funcional del sistema de riego Taiguaiguay – Valles de Tucutunemo construido en su primera fase, se procedió con la ubicación y caracterización de las partes del sistema mediante la creación de un Sistema de Información Geográfico el cual permitió contrastar algunos parámetros como longitud y diferencias de cota presentadas por los diferentes tramos de tuberías evaluados, de igual modo se aplicaron programas estadísticos para medir la correlación existente entre las variables hidráulicas evaluadas (presión, caudal), tanto en el sistema de distribución general para alimentación de las tuberías y en los sistemas de riego utilizados a nivel parcelario (aspersión y goteo), En este sentido los sistemas de riego parcelarios evaluados que empleaban el método de riego por aspersión y alimentados por agua proveniente de las líneas de distribución de la obra trasvase Taiguaiguay Valles de Tucutunemo, arrojaron como resultados un Coeficiente de uniformidad de distribución (UD) de riego calificado como aceptable en un 50% , bueno 30% y excelente en un 20 % de los casos en el sector Hacienda Tamarindo, para el sector hacienda el Ancón los UD obtenidos en la evaluación del riego por aspersión fueron clasificados como aceptables en un 57% e inaceptables en un 43% de los casos, Los factores determinantes en la obtención de los resultados la ubicación de los aspersores evaluados en relación a la distancia que estos guardaban a los puntos de alimentación así como la existencia de rupturas generadas en líneas de distribución ubicadas en el Valle de Tucutunemo lo cual genero una disminución drástica de la presión en los aspersores evaluados en los tres últimos lotes,

Palabras Clave: Evaluación hidráulica, Evaluación funcional, sistema de riego, Taiguaiguay, valles de Tucutunemo.

SUMMARY

EVALUATION FUNCTIONAL AND HYDRAULIC IRRIGATION SYSTEM TRANSFER TAIGUAIGUAY – TUCUTUNEMO’S VALLEYS, ZAMORA MUNICIPALITY, ARAGUA STATE.

The regions Taiguaiguay - Valleys of Tucutunemo are located in the Municipality Zamora of the State Aragua, and form part of the basin of the Lake of Valencia; Both territories are made up of 14 sectors that develop agricultural activities, oriented to the production of items such as: vegetables, cereals, legumes and fruit trees, are characterized by a valley-type landscape, the case of Taiguaiguay being a landscape limited by the increase Of surface of the mirror of water that has presented / displayed the reservoir of Taiguaiguay during the last years, On February 24, 2005, the Bolivarian Government of Venezuela decrees according to Official Gazette Number 38.134. the reactivation of the project of the Lake of Valencia being one of its goals the control of the level of the reservoir of Taiguaiguay in the quota 408.50 msnm. In this sense. a total of 3000 Ls-1 are evacuated from the reservoir by means of the activation of the Taiguaiguay-Tucutunemo transfer, the work is commissioned on March 2, 2010. date in the Which the Bolivarian Government of Venezuela decrees according to Official Gazette No. 39.377 the execution of the Socialist Agrarian Consolidation project of the territories of Taiguaiguay and Valle de Tucutunemo located in the municipality of Zamora of the Aragua State for its execution through the National Institute of Rural Development (INDER), Which initiated the implementation of Phase I of the irrigation water distribution system project which contemplates an initial goal of securing the water resource for an area of 1800 ha distributed in the Taiguaiguay (Tamborón, La Majada, Múcura I, Múcura II, Santa María And White House,) And Tucutunemo (La Lagunita and El Cortijo part baja), leaving for Stage II of the project the installation of a water distribution network for irrigation for an area of 2000 ha

located in the high areas of the Tucutunemo valley Involve the peasant settlements (El Cortijo high part, El Espinal, El Cedral, Los Bagres, El Ocumo and El Onoto), Phase I of the project is currently being finalized, with a total area of 1.800 ha distributed among 400 producers using irrigation systems for drip irrigation, spraying and gravity, Therefore, this work presents the results obtained on the evaluation carried out to determine the hydraulic and functional efficiency of the Taiguaiguay - Valles de Tucutunemo irrigation system constructed in its first phase, for this purpose we proceeded with the location and characterization of the parts of the system through the Creation of a Geographic Information System which allowed comparing some parameters such as length and height differences presented by the different sections of pipelines evaluated, Statistical programs were also used to measure the correlation between the hydraulic variables evaluated (pressure, flow) , Both in the general distribution system for feeding the pipes, as well as in the irrigation systems used at the parcel level (spraying and dripping), In this sense, the irrigated irrigation systems evaluated using the spray irrigation method and were Powered by Pro Water Which came from the distribution lines of the project Taiguaiguay Valles de Tucutunemo, yielded as a result a coefficient of uniformity of distribution of irrigation qualified as acceptable in 50%, good 30% and excellent in 20% of the cases of the 10 plots Evaluated with the use of this method in the Hacienda Tamarindo sector, likewise for the Ancon hacienda sector located in the Tucutunemo Valley of the territory, the Uniformity of Distribution Coefficient obtained in the assessment of sprinkler irrigation were classified for seven plots evaluated As acceptable in 57% of cases and unacceptable in 43% of cases, Being the determinants in the obtaining of the results the distribution and location of the evaluated sprinklers in relation to the distance that these kept to the points of feeding of pressure and type of mechanism of generation of the pressure in the different lines of distribution, As well as the existence of ruptures generated in distribution lines located in the Tucutunemo Valley which generated a drastic decrease of the pressure in the sprinklers evaluated in the last three lots.

Keywords: Hydraulic evaluation, Functional evaluation, irrigation system, Taiguaiguay, Tucutunemo valleys.

AGRADECIMIENTOS.

En primer lugar elevo mi más profundo agradecimiento a Dios, Jehová de los Ejércitos, por haberme dado la bendición de esta oportunidad de trabajo y estudio, así como la fortaleza y la luz de su guía en los caminos del conocimiento que he tenido que transitar.

Por otra parte, quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a las personas que me han acompañado y brindado su apoyo incondicional durante el desarrollo de esta maestría y ejecución de este trabajo, A mis Tutores Dr. Aragenis Izquierdo y Dr. Franky Méndez

A mi esposa Audy Yuliani Ortega Guzmán.

A mi Madre Emperatriz Sierra.

A mi Padre Boris Navarro.

A mis Hijos: Paul David Sierra Ortega y Katherine Alexandra Sierra Ortega.

A la memoria de mis Abuelos José Sierra y Rosario Sierra, quienes estoy seguro que en estos momentos estarían profundamente orgullosos de este humilde logro de su nieto.

Ningún hombre tiene más poder que aquel que otro le ha dado....

Ing. Paul. H. Sierra

INTRODUCCION

La cuenca de la laguna de Taiguaiguay es un embalse ubicado en el Municipio Zamora del Estado Aragua, dicho embalse se caracteriza por ser parte fundamental del sistema de riego Zuata – Taiguiaguay, siendo la capacidad de riego del mismo de 8.000 ha. esta cuenca recibe aportes del caño Macarao, el río Turmero y del río Aragua, más la cantidad de agua tratada por la planta de tratamiento ubicada en el sector Camburito, la cual también descarga en el embalse, alcanzando en ocasiones su cota máxima de 436.50 msnm. El aumento poblacional experimentado por el sur de la ciudad de Cagua durante las últimas dos décadas, se ha traducido en un incremento de las actividades humanas orientadas al desarrollo de actividades agrícolas, urbanísticas e industriales, lo cual ha generado durante los últimos años un fuerte desbalance de la capacidad del embalse debido a un mayor nivel de aportes de aguas servidas, trayendo como principal consecuencia la sedimentación del vaso del embalse así como sobre eutricación de este cuerpo de agua, disminuyendo así la capacidad de almacenamiento del embalse para el manejo de periodos de lluvias excepcionales, no obstante el embalse cuenta con un aliviadero que descarga sus excedentes al caño Aparo y éste los lleva hasta el lago de Valencia, Este significativo aumento ha generado el aporte de los excedentes descargados por el caño Aparo, aunado a los aportes de las poblaciones ubicadas en la ribera del lago de Valencia han generado un considerable aumento de nivel de la cota de seguridad del lago, conllevando ello a la perdida de espacios agrícolas productivos, así como espacios con desarrollos urbanísticos importantes en los Estados Aragua y Carabobo, Entre las medidas adoptadas por el Estado Venezolano para la atención de esta problemática, el 24 de febrero de 2005, el Gobierno Bolivariano de Venezuela decreta según Gaceta Oficial Numero 38.134 la reactivación del proyecto del lago de Valencia dando inicio a los avalúos de las propiedades afectadas, así como a los estudios preliminares para el proyecto que dio inicio a la ejecución de la obra Hidráulica del Trasvase Taiguaiguay - Tucutunemo a través del cual El Ministerio del Poder Popular Para el Ambiente en conjunto con las demás autoridades responsables del manejo del lago, establecen

como meta para el control del nivel del lago de Valencia la cota 408.50 msnm; en este sentido, son enviados desde la cuenca del lago de Valencia hacia la Cuenca del río Tucutunemo para su descarga final a la cuenca del río Guárico un total de 3000 L.s^{-1} los cuales son extraídos del embalse mediante la obra hidráulica proyectada, No obstante, la obra ejecutada por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente solo alcanzaba como objetivo principal el desplazamiento del volumen antes mencionado como medida de control al crecimiento del nivel del Lago de Valencia, sin embargo; dada la situación de sobreexplotación de los acuíferos, mediante el uso de pozos profundos ubicados en los asentamientos campesinos del territorio Taiguaiguay y la necesidad de agua para riego y recuperación de acuíferos de los asentamientos campesinos del Territorio Tucutunemo, el 02 de marzo del año 2010, el Gobierno Bolivariano de Venezuela decreta según Gaceta Oficial Numero 39.377 la ejecución del proyecto Agrario Socialista de Consolidación de los territorios Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo ubicados en el municipio Zamora del Estado Aragua a través del Instituto Nacional de Desarrollo Rural (INDER), quien inició la implantación de la Fase I del sistema de distribución de agua para riego que contemplaba como meta el aseguramiento de la dotación del recurso hídrico para una superficie de 1800 ha, Beneficiando así a 400 productores distribuidos en los Territorios Taiguaiguay, específicamente en los asentamientos: Tamborón, La Majada, Múcura I, Múcura II, Santa María y Casa Blanca; y para el caso de Tucutunemo, específicamente los asentamientos Lagunita y parte baja de El Cortijo, quedando para la Fase II del proyecto la instalación de una red de distribución de agua para riego de una superficie de 2000 has ubicadas en las zonas altas del Valle de Tucutunemo que involucran los asentamientos campesinos: El Cortijo parte alta, El Espinal, El Cedral, Los Bagres, El Ocumo y El Onoto, Actualmente se encuentra finalizada la construcción de la Fase I del proyecto, beneficiándose con la dotación de agua para riego una superficie total de 1800 ha distribuidas entre 400 productores que emplean sistemas de riego parcelarios por goteo, aspersión y gravedad de acuerdo al rubro cultivado y quienes han disminuido sustancialmente la dependencia del uso de aguas proveniente de los acuíferos subterráneos debido al ahorro de energía que les permite el uso de la obra, Sin embargo, tras la culminación de la primera fase y puesta en marcha de la obra, se

han detectado dificultades operativas debido a diferentes problemas de orden técnico que ponen en riesgo la estabilidad de las líneas primarias y secundarias de distribución e impiden el normal funcionamiento de dicha obra, con este trabajo de evaluación hidráulica y funcional del sistema de distribución primaria y secundaria de agua para riego, así como la eficiencia del funcionamiento de los sistemas de riego parcelarios alimentados por la red de distribución generada por la obra hidráulica, se busca emplear los resultados para generar un conjunto de estrategias dirigidas al mejoramiento operativo de la red de distribución primaria y secundaria, así como del funcionamiento de los sistemas de riego localizados instalados en los predios de los productores beneficiados por la primera fase de la obra,

Objetivo General

Evaluar hidráulica y funcionalmente el sistema de riego construido para el aprovechamiento del agua suministrada por la obra del trasvase Taiguaiguay – Valles de Tucutunemo, Municipio Zamora del Estado Aragua.

Objetivo Específicos

- Generar un Sistema de Información Geográfica que permita obtener documentos cartográficos con la ubicación de los distintos productores beneficiados por el sistema y las características socio productivas asociadas a cada uno de ellos.
- Diagnosticar el funcionamiento del sistema de captación, conducción y distribución para el suministro de agua para riego de 1800 ha en los territorios Taiguaiguay y Valle de Tucutunemo proveniente de la obra del trasvase del embalse de Taiguaiguay.
- Diagnosticar el funcionamiento por sectores de los diferentes sistemas de riego parcelario objeto de diseño de la línea principal de distribución para 1800 ha en el Valle de Tucutunemo proveniente de la obra trasvase del embalse de Taiguaiguay.
- Formular estrategias para el adecuado manejo, operación y funcionamiento de la infraestructura hidráulica dispuesta desde el trasvase del embalse de Taiguaiguay hasta la parcela del productor.

MARCO TEORICO

Riego

Vega (1978) define el riego como una aplicación oportuna y uniforme de agua en un perfil del suelo para reponer en este el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos, por su parte Moribito (2008) señala que esta actividad puede presentarse bajo distintas modalidades, las cuales podrían ser clasificadas en dos grandes grupos de acuerdo al sistema empleado, en este sentido, los sistemas se clasifican en:

Sistemas de Riego por Gravedad.

Tayupanda (2009) define esta primera clasificación como un sistema aplicado de manera directa en la superficie del suelo, mediante la inundación de surcos o melgas que emplean el gradiente de la pendiente del terreno para generar el movimiento del agua hasta lograr que esta se infiltre al nivel de las raíces de las plantas.

Es de destacar que los métodos por escurrimiento superficial se usan en más del 85% de las tierras regadas del mundo, lo cual representa aproximadamente un cúmulo de 300 millones has, en todo tipo de cultivos y en la mayoría de los suelos y de las condiciones topográficas, El 15% restante se divide en 10% para aspersión y el resto para riego por goteo, no obstante, Chambouleyron (1994) señala que dichos métodos presentan ventajas y desventajas, siendo para el caso particular del riego por escurrimiento superficial una ventaja cuando se cuenta con: buena disponibilidad de agua, pendientes uniformes (comprendidas entre el 0% y 1%), suelos profundos, de texturas medias a finas y cultivos de raíz profunda, Otra de las principales ventajas de estos métodos es que posee un costo de inversión media (a menos que se requiera un

gran movimiento de suelo), costos de operación y mantenimiento, también medios y bajos requerimientos de energía, Las desventajas son, en general, las grandes pérdidas de agua, disminución del espacio cultivable (red de riego: matriz primaria, canales y acequias de riego y obras complementarias), necesidad de una adecuada nivelación del terreno y alto requerimiento de mano de obra especializada (regadores experimentados).

Sistemas de Riego Presurizados

Tayupanda (2009) señala que con el empleo de este método, el agua se aplica al suelo en forma de lluvia, utilizando unos dispositivos de emisión que generan un chorro de agua pulverizada en forma de gota, El agua llega a estos emisores denominados aspersores a través de una red de tuberías y una presión determinada, por lo cual es necesario un sistema de bombeo apropiado o aprovechamiento de la diferencia de nivel que presente el mismo terreno.

En este tipo de sistemas, el agua es conducida por tuberías PVC, P.E.A.D. aluminio HG-PE, donde se genera una presión necesaria para suplir el agua a los diferentes puntos del campo que requieren ser regados.

Con la aplicación de este método se pueden regar cultivos como cereales y hortalizas, pero tiene como inconveniente que su costo es elevado, pero a la vez posee la ventaja de que con poca agua se puede regar grandes superficies en comparación a las cantidades de agua que demanda el riego por gravedad.

Por otra parte, Norton (2004) señala que el riego a presión, algunas veces llamado microriego, puede dividirse según utilice técnicas de aspersión o de riego localizado; este último consiste principalmente en riego por goteo o microaspersión, Cuando están bien diseñadas y manejadas, ambas técnicas de riego a presión permiten mayor eficiencia en la utilización del agua que los métodos del riego superficial.

El riego localizado aplica agua y fertilizantes diariamente de acuerdo a las necesidades de los cultivos; así, promueve rendimientos agrícolas más altos y también ahorros de mano de obra, Entre las desventajas del microriego se encuentran los altos costos de inversión que exige su instalación. la necesidad de energía y el uso de componentes sofisticados (no siempre disponibles), Por estas razones, el riego a presión se concentra en los cultivos de alto valor como los frutales y las hortalizas.

Consecuencias de la Explotación del Recurso Agua en el Riego

Buendía (2006) señala que la construcción de un sistema de riego con funcionamiento gravitacional o presurizado, genera la explotación de las distintas fuentes de agua provenientes de los cuerpos de almacenamiento superficiales como embalses o diques, así como los cuerpos de agua subterráneos representados principalmente por los acuíferos; en este sentido, el uso indiscriminado del recurso agua, el mal manejo y operación de los sistemas utilizados para el riego, puede conllevar a un elevado porcentaje de ineficiencia en el uso de estos sistemas, por cuanto se hace necesaria la constante evaluación del funcionamiento hidráulico a los fines de constatar si los equipos o técnicas utilizadas para el riego están cumpliendo con las necesidades que demandan los cultivos.

De igual modo Goldhamer (2001) establece que en muchos casos la situación de sobreexplotación y mal manejo de los sistemas para el riego de plantaciones ha llegado a ser crítica, reportando en su informe experiencias que han sido registradas en el Estado de Guanajuato, México, donde se han venido realizando esfuerzos conjuntos con los usuarios de riego, mediante la implantación de programas de rehabilitación y modernización de la infraestructura de riego, los cuales permiten un mejor manejo del recurso agua, esto ha ocasionado incrementos en los costos de bombeo, por el continuo abatimiento de los niveles dinámicos, que genera incrementos en los requerimientos de energía eléctrica, así como la necesidad de modificar los sistemas de bombeo, agregando tazonas y columnas y el ajuste de los motores, con aumentos de costos para los productores agrícolas, toda esta situación ha generado la necesidad de llevar a cabo una evaluación precisa y profunda acerca del

funcionamiento hidráulico de los sistemas de riego a gravedad y presurizados, destacando así la importancia que posee este tipo de valoraciones para detectar fallas críticas que podrían estar incidiendo en el adecuado funcionamiento de los sistemas de riego empleados en la región, **Trasvase Taiguaiguay – Valles de Tucutunemo**

Una de las principales fuentes de almacenamiento para el agua destinada al riego de diferentes cultivos en la Región Central lo representa el Lago de Valencia (Figura 1), el cual se caracteriza por estar en una cuenca endorreica, siendo dicho reservorio de agua, una de las de mayor dimensión después de la cuenca del Lago de Maracaibo; esta cuenca endorreica es la segunda más grande de Suramérica, después del Lago Titicaca (ubicado entre las fronteras de Perú y Bolivia), La cuenca tiene una dimensión aproximada de 3.140 km^2 y representa un 0.3 % de la superficie total del territorio nacional (916.455 km^2).

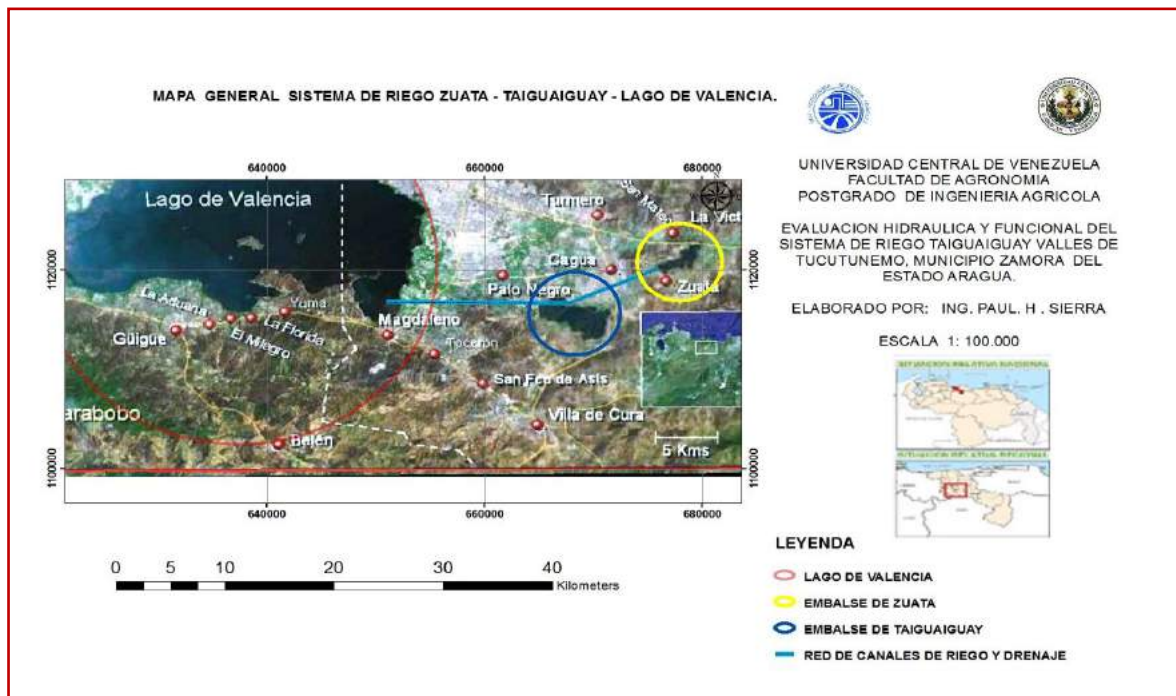


Figura 1. Distribución de los embalses empleados como reservorios de agua para riego en la cuenca del Lago de Valencia.

Jaime (1989) establece que durante los últimos 30 años, algunos de los factores que podrían ser considerados como contribuyentes en el deterioro de esta cuenca se encuentran: la sobreexplotación de los recursos naturales de esta cuenca, el constante crecimiento de las ocupaciones humanas a través de la implantación de proyectos

habitacionales, el aumento significativo de volúmenes de movimiento de tierra en diferentes sectores de la cuenca destinados al desarrollo de infraestructura vial como el caso del ferrocarril, así como la falta de mantenimiento de los sectores de la cuenca aguas abajo de la intervención, han sido los principales causantes del incremento en la cantidad de sedimentos que son aportados anualmente al vaso de este reservorio de agua, generó como consecuencia un constante aumento de los niveles del agua, producto del efecto del empuje generado por los sólidos depositados en el vaso, Ello trajo consigo la afectación de un gran número de ocupantes de predios agrícolas y urbanos que se vieron obligados a abandonar sus tierras y propiedades ante el eminente crecimiento de este cuerpo de agua, en éste, el Ministerio del Poder Popular Para el Ambiente (MPPAMB) inicio la ejecución de la obra del Trasvase Taiguaiguay - Tucutunemo a través de la cual el ente rector en conjunto con las demás autoridades del proyecto Lago de Valencia, establecen como meta para el control del nivel de este cuerpo de agua la cota 408.50 msnm. siendo así evacuados a la cuenca del río Guárico un total de 3000 L.s^{-1} mediante la puesta en operación de esta obra hidráulica.

No obstante, los territorios involucrados en el proyecto ejecutado por el MPPAMB poseen un larga trayectoria de desarrollo de las actividades agrícolas orientadas a la producción de rubros hortícolas, cereales y frutales empleando para ello fuentes de agua obtenidas de la explotación de acuíferos mediante la construcción de pozos profundos o basadas en métodos de producción de secano.

En la Figura 2 se pueden observar los resultados del diagnóstico realizado para la localización y distribución de pozos profundos construidos en los asentamientos del territorio Taiguaiguay, el cual antes de la ejecución del proyecto presentaba un registro de 95 pozos profundos construidos que eran empleados en la obtención de agua para el riego de cultivos principalmente en los rubros hortalizas y frutales.

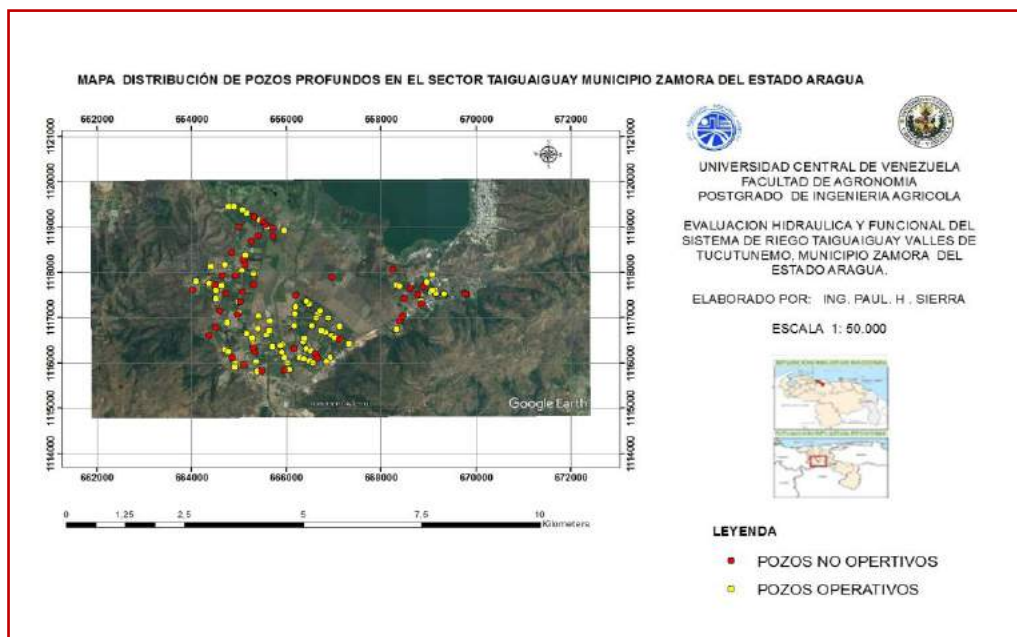


Figura 2. Vista de la distribución de pozos profundos construidos en el territorio Taiguaiquay empleados para la producción agrícola antes de la construcción del sistema de riego.

Es de acotar que estos pozos o unidades de extracción del agua para el riego eran construidos en conjunto con una laguna o unidad de almacenamiento que permitiera posteriormente el rebombeo del recurso hídrico hasta las parcelas en donde se ubicaban los cultivos, en este sentido antes de la ejecución del proyecto fueron registradas un total de 27 lagunas según se indica en la Figura 3.

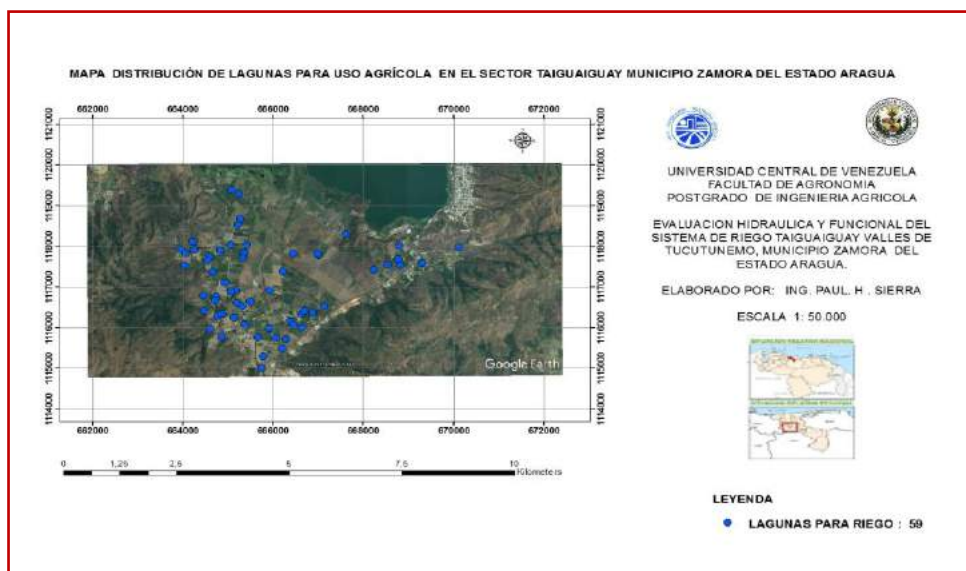


Figura 3. Vista de la distribución de lagunas construidas en el territorio Taiguaiquay empleadas para el almacenamiento de agua destinada a la producción agrícola antes de la construcción del sistema de riego

Por otra parte los sectores: La Lagunita y parte baja de El Cortijo del territorio Valles de Tucutunemo, antes de la ejecución del proyecto, presentaba un total de 23 pozos profundos construidos, de los cuales 18 se encontraban inactivos para el 2013 (fecha del levantamiento), siendo esta característica el principal factor por el cual estos sectores presentaban una producción agrícola limitada a una época del año. La distribución de los pozos registrados en los sectores la Lagunita y parte baja de El Cortijo se puede observar en la Figura 4.

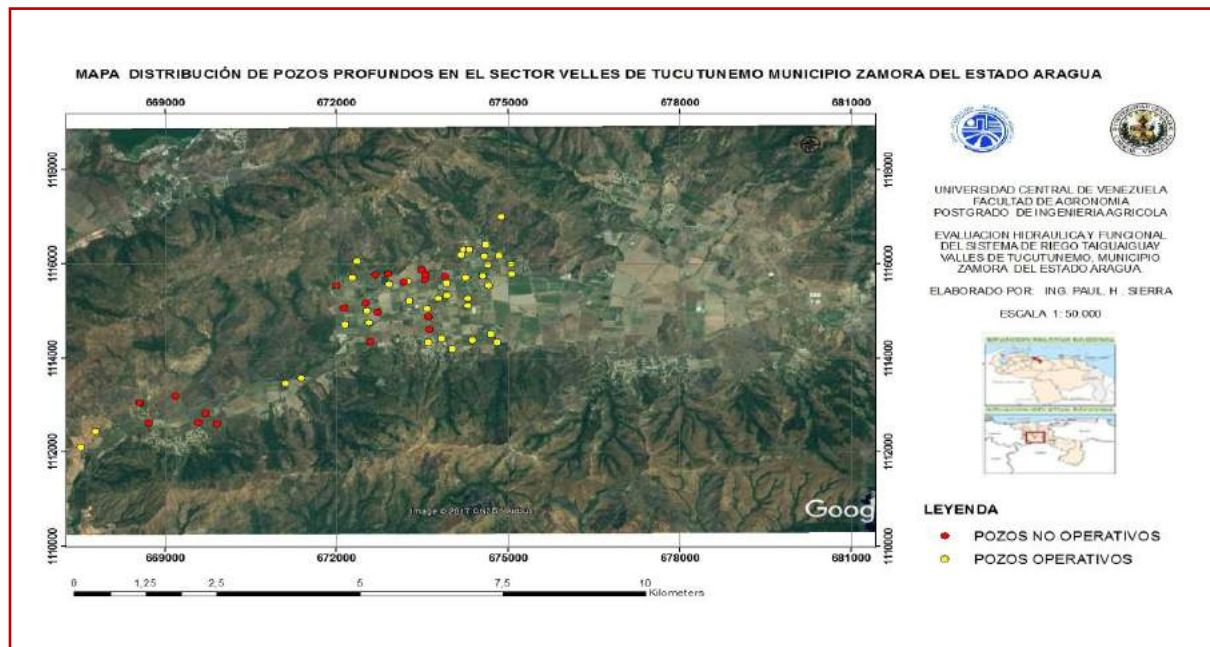


Figura 4. Distribución de pozos profundos construidos en el territorio Valle de Tucutunemo empleados para la producción agrícola antes de la construcción del sistema de riego.

Al igual que en el caso del territorio Taiguaiguay, el Valle de Tucutunemo presentaba la construcción de lagunas que eran empleadas como unidades de almacenamiento, sin embargo como se aprecia en la Figura 5, la mayor concentración de estos cuerpos de almacenamiento fueron construidos hacia la zona alta del valle el cual se caracteriza a su vez por presentar la mayor concentración de pozos profundos construidos.

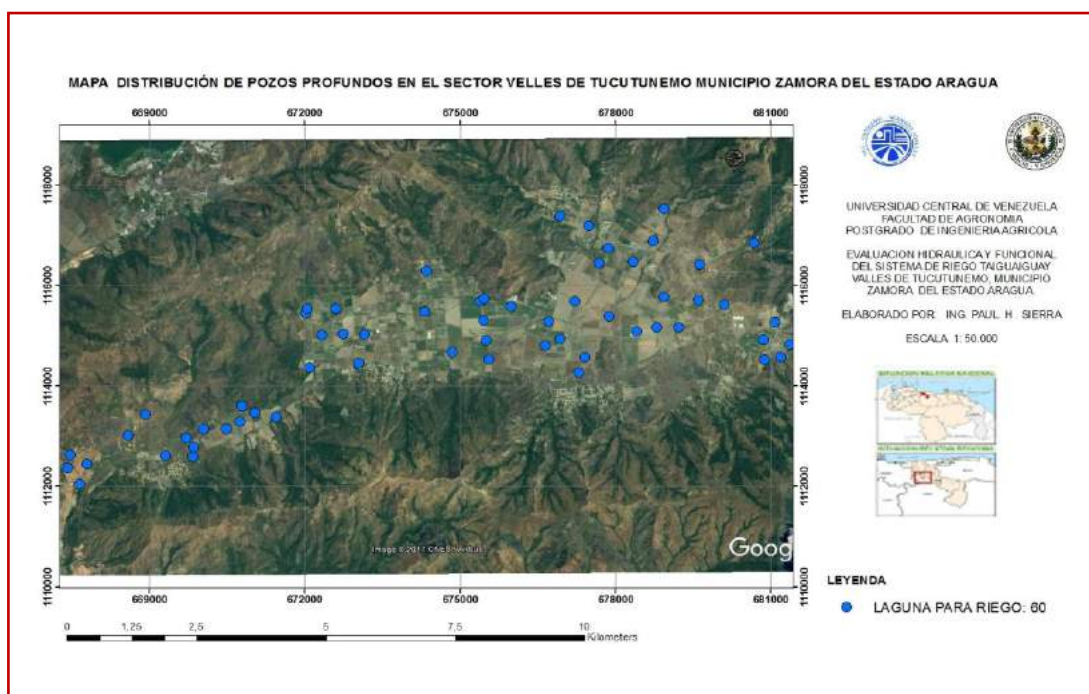
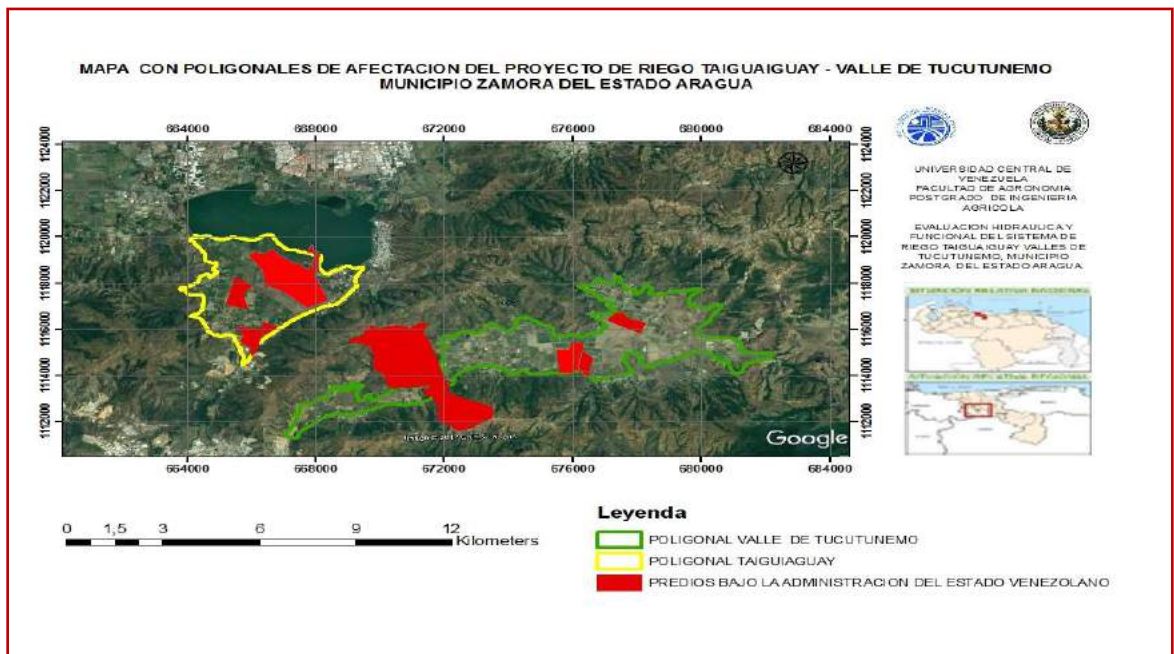


Figura 5. Vista de la distribución de lagunas construidas en el territorio Valle de Tucutunemo empleadas para el almacenamiento de agua destinada a la producción agrícola antes de la construcción del sistema de riego.

Dada la situación de demanda de agua para riego presentadas por los distintos productores de estos territorios, el ejecutivo venezolano, decreta en Gaceta Oficial Numero 39.377 la ejecución del proyecto Agrario Socialista de Consolidación de los Valles de Tucutunemo y Taiguaiguay en el Municipio Zamora del Estado Aragua a través del Instituto Nacional de Desarrollo Rural, dando inicio a la implantación de la Fase I del sistema de riego que contempla un alcance de 1800 has distribuida en los sectores Taiguaiguay (Tamborón, La Majada, Múcura I, Múcura II, Santa María y Casa Blanca) y Tucutunemo (La Lagunita y El Cortijo) quedando para la Fase II la instalación de 2000 has ubicadas en las zonas altas del Valle de Tucutunemo que involucran los asentamientos campesinos (El Cortijo, El Espinal, El Cedral, Los Bagres, El Ocumo y El Onoto).

La primera fase establecida para el desarrollo del proyecto de riego Taiguaiguay - Valle de Tucutunemo, se enmarcó en una superficie de 1800 has distribuida en dos poligonales, siendo la primera para Taiguaiguay de 1200 ha y para el Valle de Tucutunemo de 600 ha, Ambos polígonos se muestran en el mapa de la Figura 6.



Nota: Las poligonales sombreadas en color rojo corresponden a predios actualmente administrados por el Ministerio del Poder Popular Para La Agricultura y Tierras. En este sentido las unidades 1- 4 han sido consideradas para su evaluación en el sistema. en este caso solo será evaluada la superficie beneficiada por la fase I del sistema considerada para el desarrollo del proyecto.

Figura 6. Mapa con poligonales definidas para la ejecución de las fases I y II del proyecto Integral de desarrollo de los territorios Taiguaiguay - Valles de Tucutunemo.

La ejecución del proyecto conllevó a la construcción de una red de tuberías cuya función es garantizar la distribución agua para el riego a los diferentes sectores, dicha red es abastecida por una tubería principal de acero que funciona de forma presurizada a 180 PSI (126.7 m.c.a) debido a que aprovecha la presión que proviene del sistema de bombeo ubicado en la estación de Taiguaiguay, esta tubería principal posee un diámetro de 48 pulgadas (1200 mm). es la encargada de alimentar la red secundaria de distribución conformada por tuberías Polietileno de alta densidad (PEAD) de diámetros comprendidos entre 100 y 250 mm (Figura 7).

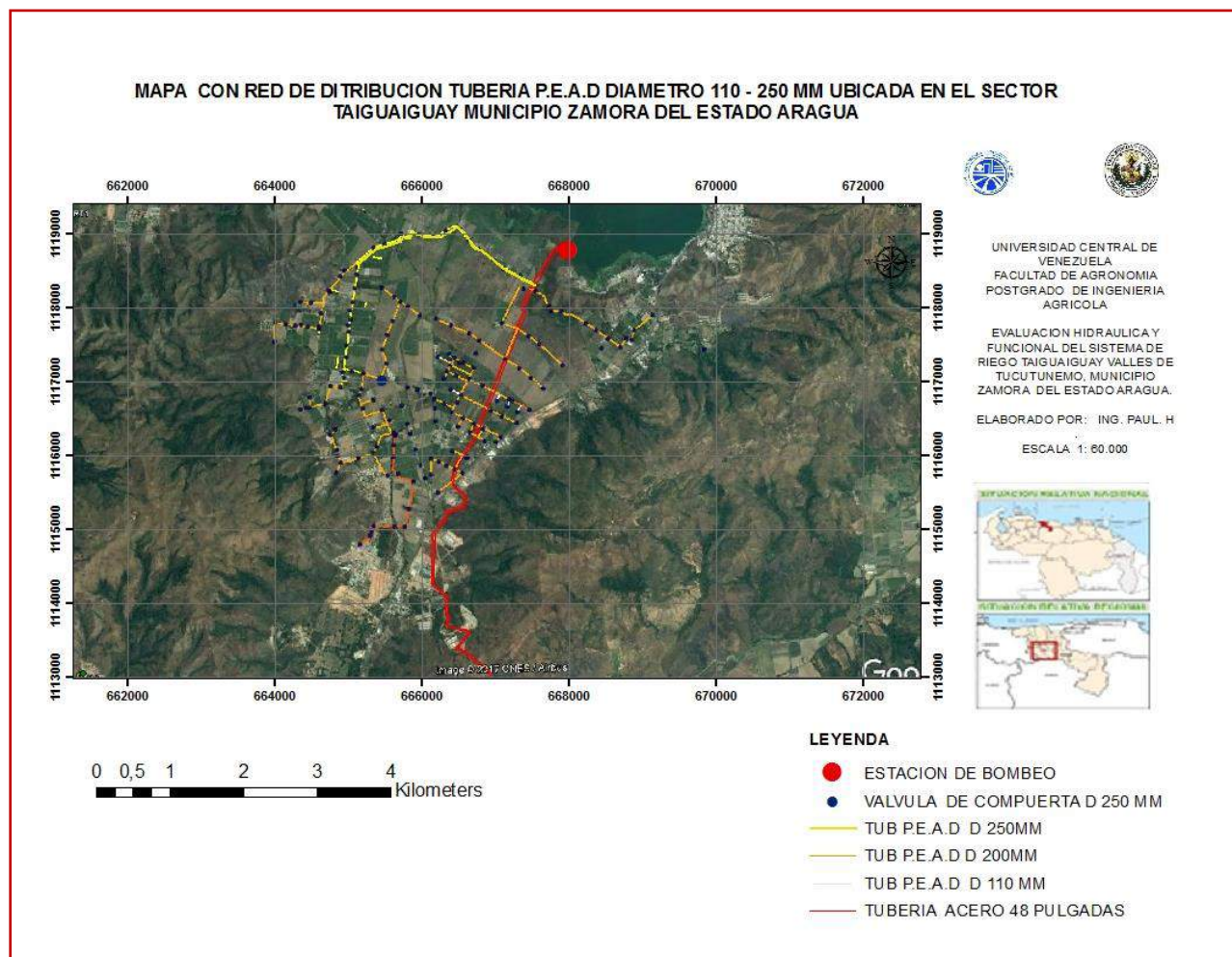


Figura 7. Mapa con detalle de distribución del sistema de tuberías (110-250) mm construido en el territorio Taiguaiguay para el desarrollo del proyecto de riego de 1200 ha.

Para el caso del territorio Valles de Tucutunemo, una vez captada el agua impulsada desde la estación bombeo Taiguaiguay hasta la cota 487 msnm ubicada en el sector El Ancón del Valle de Tucutunemo, el agua es enviada a los sectores La Lagunita y Parte Baja de El Cortijo con una columna de presión de 110 PSI (77.4 m.c.a). generada por el desnivel que existe entre el punto de captación ubicado en la cota 487 msnm y el punto final del sistema ubicado la cota 472 msnm en el sector Los Gallegos de la parte baja de El Cortijo, La tubería principal empleada en este caso posee un diámetro de 36 pulgadas (900 mm) y es la encargada de distribuir el agua de riego a la red de distribución de tuberías PEAD de diámetros 100- 250 mm (Figura 8).

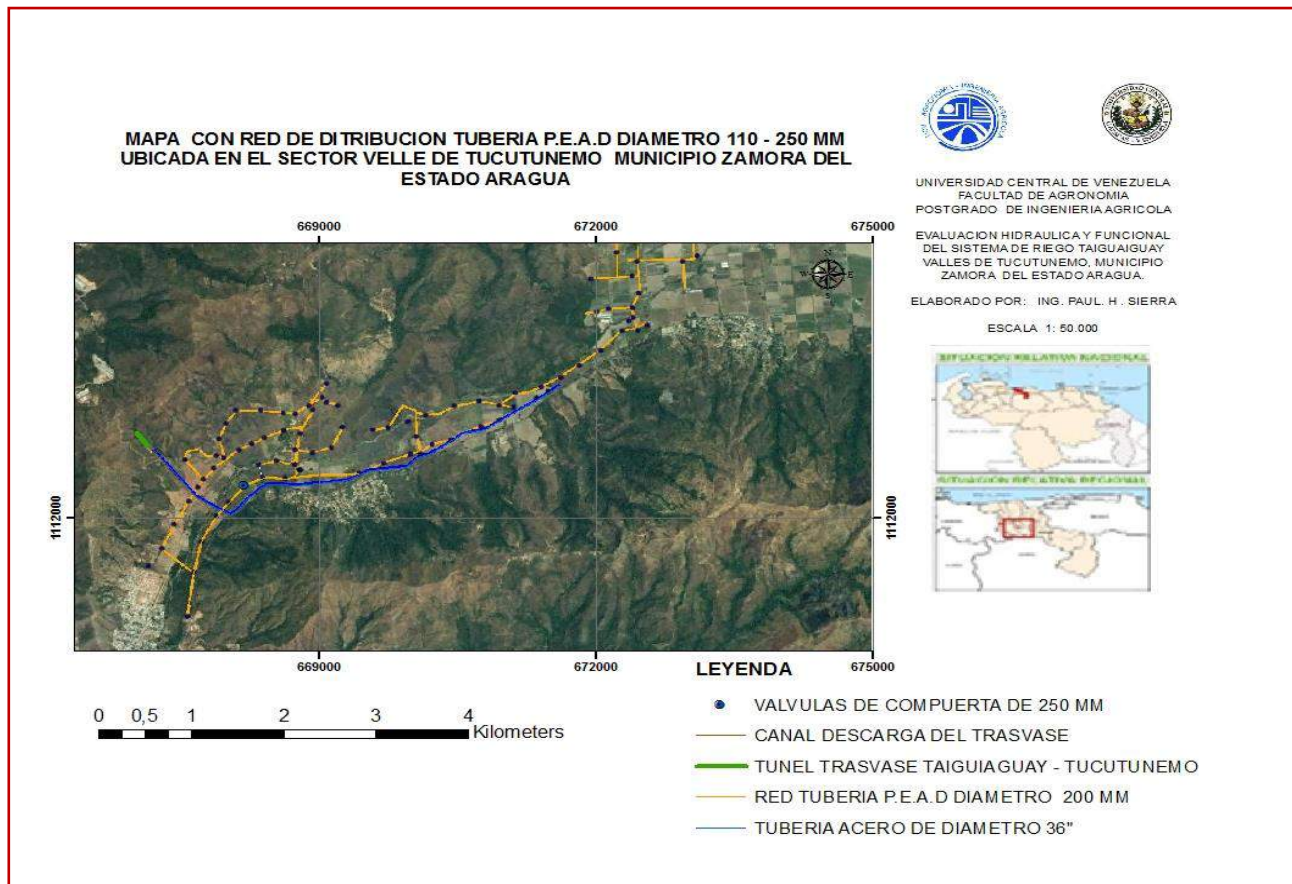


Figura 8. Mapa con detalle de distribución del sistema de tuberías (110-250 mm) construido en el territorio Valle de Tucutunemo para el desarrollo del proyecto de riego de 600 ha en su Fase I.

La construcción total de la primera fase del sistema la conformó la implantación total de 54.407.63 metros lineales (ml) de tuberías PEAD con diámetros que van de 110 - 250 mm. distribuidos en dos sub redes de 33.216 ml de tubería P.E.A.D para Taiguaiguay y 21.191 ml para la parte baja del Valle Tucutunemo, además de ello fueron instalados 5.012 metros lineales (ml) de tubería matriz al acero carbono con diámetro de 36 pulgadas, una fuente de alimentación para el bombeo del agua empleada para el riego, siendo la misma extraída del embalse Taiguaiguay, sitio donde se desarrollara parte de esta investigación. Este sistema está compuesto por 4 equipos de bombeo de 2.250 HP de potencia y capacidad de 750 L.s^{-1} . una fosa de captación para agua con capacidad para 128 m^3 de los cuales actualmente son empleados en el sistema de riego $1 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. En la Figura 9 se aprecian diferentes vistas de la obra ejecutada.



**Vista de tubería secundaria
PEAD 110 -250 mm
instalada**



**Vista de la fosa de
captación capacidad 128
m³**



**Vista 02 de la fosa de
captación capacidad 128
m³**



**Vista tubería matriz Acero
carbono D=36" pulgadas
instalada.**



**Vista estación de bombeo
Taiguaiguay capacidad de los
equipos 750 L.s⁻¹**



**Vista sub-estación de
eléctrica Taiguaiguay**

Figura 9. Vista de obra de riego construida en la Fase I del Sistema Taiguaiguay-Tucutunemo.

En la actualidad este sistema viene presentado dificultades para el desarrollo de las operaciones de riego. aplicado en sus diferentes modalidades (gravedad y presurizado). haciéndose más intensa la problemática de operación en sistemas de riego por goteo. por cuanto se requiere llevar a cabo una evaluación completa de su

funcionamiento para determinar de esta manera los posibles puntos críticos que podrían estar reduciendo de forma significativa el índice de eficiencia del sistema en las distintas operaciones de riego.

Evaluación Hidráulica de los Sistemas de Riego.

Bralts et al (1981) definen la evaluación de la eficacia del riego en un área determinada como una forma de establecer el grado de racionalidad en el uso del agua, Con el avance científico se han establecido criterios de evaluación de esta práctica, como una forma de calificarla o de evaluar su desempeño. La evaluación de los métodos de riego tiene por objetivos: calcular las eficiencias parcelarias, conocer la efectividad de la operación del método de riego, rediseñar para mejorar el desempeño y comparar los valores de eficiencias obtenidos con otros métodos de riego alternativos, No obstante, Castañon (2000) señala que la finalidad de todos los métodos del riego del mundo es la de conseguir una mayor producción de los cultivos, esto con el empleo de la menor cantidad posible de agua, ya que este recurso con el transcurrir del tiempo se vuelve más escaso y difícil de acceder, ya sea por los cambios climáticos o por la lejanía de sus fuentes, así como por el control para la conservación de los suelos, ya que una cantidad excesiva de agua puede producir elevaciones del nivel freático, trayendo como consecuencia la generación de problemas asociados a la salinización de los suelos.

Moribito. (2008) señala que la evaluación participativa de los sistemas de riego a través de los ensayos de campo, en las condiciones que funcionan los sistemas, permiten por parte de los técnicos el correcto control de la utilización del recurso agua, Dichos controles permiten la toma de decisiones para la implementación de mejoras en el sistema que en muchos de los casos pueden ser sencillas y de fácil aplicación.

En general cuando se aplica riego, no toda el agua almacenada queda aplicada en la zona del suelo, en la que se ubican las raíces del cultivo, parte de ella se pierde por evaporación, escorrentía o percolación profunda, la eficiencia del riego es un

parámetro que nos suministra una clara idea de la cantidad de agua aplicada en forma correcta para su uso por parte de las plantas.

La evaluación del riego por superficie a campo no sólo proporciona información que puede ser usada para detectar posibles problemas, sino también como guía esencial para mejorar el manejo y control del riego. Pueden seleccionarse varias alternativas para evaluar los sistemas de riego por superficie, dependiendo del tiempo y del esfuerzo que se pueda invertir en el estudio. Bos y Nugteren (1990) establece el movimiento del agua a través de un sistema de riego, desde la fuente de agua hasta el cultivo, para ello debe ser considerado el funcionamiento del sistema mediante tres operaciones separadas: conducción, distribución y aplicación en la parcela. La conducción implica el movimiento del agua desde su fuente a través de los canales primarios y secundarios; la distribución comprende el movimiento del agua en la red de canales terciarios, cuaternarios e internos de la propiedad y la aplicación corresponde al movimiento del agua desde la bocatoma de la parcela hasta el cultivo.

Evaluación del Sistema de Distribución y Conducción y Aplicación en Parcela.

Para la evaluación hidráulica de los sistemas de conducción y distribución de agua para riego por tuberías PEAD, Mott (1996) señala que dicha valoración puede efectuarse considerando la aplicación de la Ecuación de Bernoulli para fluidos reales, entre 2 secciones de un mismo tramo de tubería como lo señalan las Ecuaciones (1) y (2) :

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_p \dots \dots (1)$$

Donde:
$$h_p = h_{fp} + h_{fs} \dots \dots \dots (2)$$

h_{fp} = es la sumatoria de pérdidas primarias o longitudinales .

h_{fs} = Pérdidas secundarias o, locales por accesorios.

v = Velocidad

p = presión

g = Aceleración de gravedad

γ = Peso específico del agua

Al hablar de pérdidas en tuberías, lleva a estudiar los flujos internos que sean completamente limitados por superficies sólidas con un grado de rugosidad según el material del cual están fabricadas.

Este flujo es importante analizar ya que permitirá diseñar las redes de tuberías y sus accesorios más óptimos.

Las pérdidas de energía que sufre una corriente cuando circula a través de un circuito hidráulico se deben fundamentalmente a:

- Variaciones de energía potencial del fluido.
- Variaciones de energía cinética.
- Rozamiento o fricción.

Pérdidas Primarias

Llamadas pérdidas longitudinales o pérdidas por fricción, son ocasionadas por la fricción del fluido sobre las paredes del ducto y se manifiestan con una caída de presión.

Empíricamente se evalúa con la fórmula de DARCY - WEISBACH representada por la Ecuación (3)

$$h_{fp} = f * \frac{L * V^2}{2g * D} \quad (3)$$

Donde:

L = longitud de la tubería.

D = Diámetro de la tubería.

V = velocidad media del flujo.

f = factor de fricción de la tubería.

De donde el factor de fricción de la tubería depende del Número de Reynolds (Re) y de la rugosidad relativa (ϵ/D), Para esto se hace uso del Diagrama de Moody. Básicamente las Pérdidas primarias son directamente proporcionales a la longitud de la tubería.

Pérdidas Secundarias

También conocidas como perdidas locales o puntuales, las cuales son originadas por una infinidad de accesorios que se ubican dentro de un sistema de tuberías como: Válvulas, codos, niples, reducciones, ensanchamientos, uniones universales, etc.

La expresión para evaluar las perdidas secundarias (en metros de columna del fluido) será la establecida según la ecuación (4) :

$$h_{fs} = K * \frac{L * V^2}{2g * D} \quad (4)$$

Donde K es la constante para cada accesorio y depende del tipo de accesorio, material y diámetro.

Luego la longitud equivalente será calculada según lo establecido en la ecuación (5):

$$L_{eq} = K * \frac{D}{f} \quad (5)$$

La longitud equivalente se puede hallar en manuales y libros.

En aquellos equipos en los cuales las pérdidas de carga local consideran las pérdidas de energía cinética de un fluido que circula por una tubería, Estas se deben principalmente a variaciones bruscas de velocidad causadas por:

- Cambios bruscos de sección.
- Perturbación del flujo normal de la corriente, debido a cambios de dirección provocadas por la existencia de un codo, curva, etc.
- Rozamiento o fricción.

Las pérdidas de carga que experimenta un fluido al atravesar todos los accesorios expresada en metros del fluido, puede calcularse con el uso de la Ecuación (6) la cual se diferencia de la ecuación 4 en que la misma solo es aplicada al cálculo de las pérdidas de carga en accesorios siendo k el coeficiente que representa el grado de pérdidas de carga asociado al tipo de accesorio según el diámetro interno del mismo.

$$\Delta h_{fs} = K * \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

Donde:

K = coeficiente de pérdidas de carga.

V = velocidad del fluido.

Δh = diferencia de altura manométrica.

g = gravedad.

Ensanchamiento Súbito

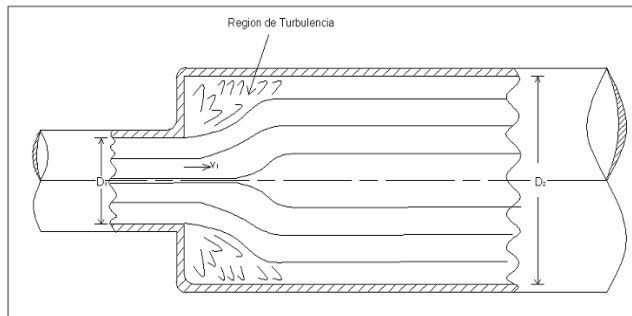
Al pasar un fluido de un conducto de menor a uno mayor a través de una dilatación súbita, su velocidad disminuye abruptamente, ocasionando una turbulencia que genera una pérdida de energía (Figura 10), La cantidad de turbulencia, y por consiguiente, la cantidad de pérdida de energía, depende del cociente de los tamaños de los dos conductos.

En este sentido la pérdida menor se calcula mediante el uso de la Ecuación (7):

$$h_{fs} = k \left(\frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (7)$$

Donde v_1 es la velocidad de flujo promedio en el conducto menor que está delante de la dilatación, Al hacer ciertas suposiciones de simplificación respecto del carácter de la corriente de flujo al expandirse a través de una dilatación súbita, es posible predecir analíticamente el valor de k a partir de la Ecuación (8):

$$K = \left[1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \right]^2 = \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2 \quad (8)$$

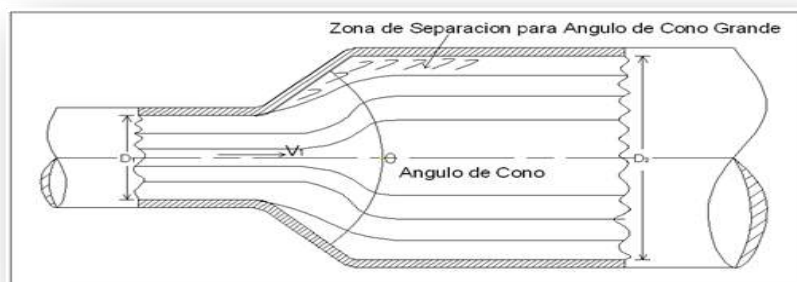


Fuente: Mott. (1996)

Figura 10. Dilatación súbita de tubería

Ensanchamiento Gradual

Si la transición de un conducto menor a uno mayor puede hacerse menos abrupta que la dilatación súbita de bordes cuadrados, la pérdida de energía se reduce. Esto normalmente se hace colocando una sección cónica entre los dos conductos, como se muestra en la siguiente Figura 11. Las paredes en pendiente del cono tienden a guiar el fluido la desaceleración y expansión de la corriente de flujo.



Fuente: Mott. (1996)

Figura 11. Dilatación gradual de tubería

La pérdida de energía para una dilatación gradual se calcula a partir de la ecuación (9):

$$h_L = k \left(\frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (9)$$

Donde v_1 es la velocidad del conducto menor que está delante de la dilatación. La magnitud de K depende tanto de la proporción de diámetro D_2 / D_1 como del ángulo de cono. θ y D_2 / D_1 .

Cuadro 1. Coeficiente de resistencia de dilatación gradual de tubería

D_2/D_1	Velocidad, v_1 en m/s						
	0.6	1.2	3.0	4.5	6.0	9.0	12.0
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.2	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08
1.4	0.26	0.25	0.23	0.22	0.22	0.21	0.20
1.6	0.40	0.38	0.35	0.34	0.33	0.32	0.32
1.8	0.51	0.48	0.45	0.43	0.42	0.41	0.40
2.0	0.60	0.56	0.52	0.51	0.50	0.48	0.47
2.5	0.74	0.70	0.65	0.63	0.62	0.60	0.58
3.0	0.83	0.78	0.73	0.70	0.69	0.67	0.65
4.0	0.92	0.87	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72
5.0	0.96	0.91	0.84	0.82	0.80	0.77	0.75
10.0	1.00	0.96	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80
∞	1.00	0.98	0.91	0.88	0.86	0.83	0.81

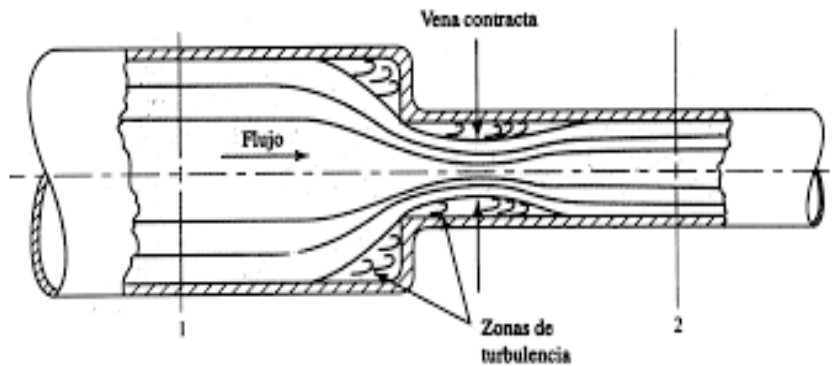
Fuente: Mott. (1996)

Contracción Súbita

La pérdida de energía debido a una contracción súbita. como la esbozada en la figura se calcula a partir del uso de la ecuación 10:

$$h_{fs} = k \left(\frac{v_2^2}{2g} \right) \quad (10)$$

Donde v_2 es la velocidad en la corriente hacia abajo del conducto menor a partir de la contracción. El coeficiente de resistencia K depende de la proporción de los tamaños de los dos conductos y de la velocidad de flujo. como se muestra en la Figura 12.1

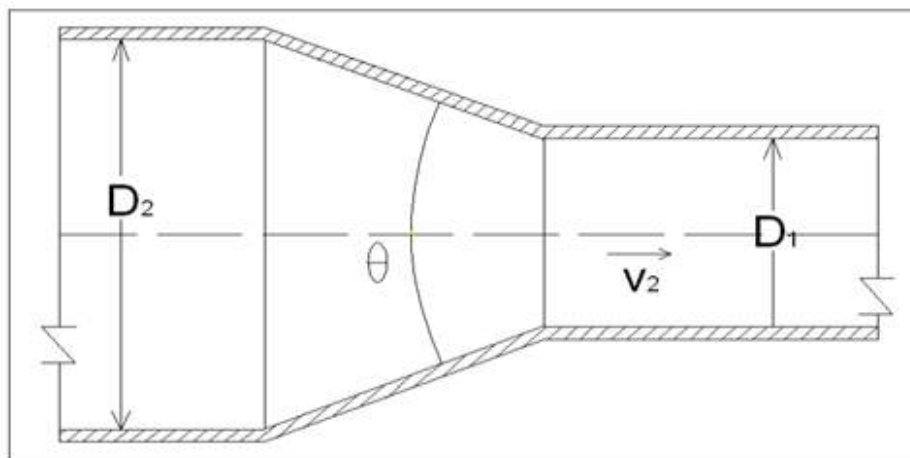


Fuente: Mott. (1996)

Figura 12. Contracción súbita

Contracción Gradual

La pérdida de energía en una contracción puede disminuirse sustancialmente haciendo la contracción más gradual. La Figura 12 muestra una contracción de este tipo, formada mediante una sección cónica entre los dos diámetros con cambios abruptos en las juntas. El ángulo θ se denomina ángulo de cono.



Fuente: Mott. (1996)

Figura 13. Contracción gradual de tubería

Cuadro 2. Coeficiente de resistencia de contracción gradual de tubería

D_1/D_2	Velocidad, v_1 en m/s								
	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	4.5	6.0	9.0	12.0
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.1	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
1.2	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11
1.4	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.20
1.6	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.24
1.8	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.31	0.29	0.27
2.0	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.34	0.33	0.31	0.29
2.2	0.40	0.40	0.39	0.39	0.38	0.37	0.35	0.33	0.30
2.5	0.42	0.42	0.41	0.40	0.40	0.38	0.37	0.34	0.31
3.0	0.44	0.44	0.43	0.42	0.42	0.40	0.39	0.36	0.33
4.0	0.47	0.46	0.45	0.45	0.44	0.42	0.41	0.37	0.34
5.0	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.44	0.42	0.38	0.35
10.0	0.49	0.48	0.48	0.47	0.46	0.45	0.43	0.40	0.36
∞	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.45	0.44	0.41	0.38

Fuente: Mott. (1996)

Coeficiente de Resistencia para Juntas y Válvulas

Se dispone de muchos tipos diferentes de válvulas y junta de varios fabricantes para especificaciones e instalación en sistemas de flujo de fluido, Las válvulas se utilizan para controlar la cantidad de flujo y pueden ser válvulas de globo, de ángulo, de mariposa, otros varios tipos de válvula de verificación y mucha más.

El método para determinar el coeficiente de resistencia K es diferente, El valor de K se reporta en la forma expresada en la ecuación (11).

$$K = \left(\frac{L_c}{D} \right) f_T \quad (11)$$

El valor de $\left(\frac{L_c}{D} \right)$, llamado la proporción de longitud equivalente, se reporta en la Cuadro 03 y se considera que es una constante para un tipo dado de válvula o junta, El valor de L_c mismo se denomina la longitud equivalente y es la longitud del conducto recto del mismo diámetro nominal como la válvula que tendría la misma resistencia que esta, El termino D es el diámetro interno real del conducto.

El término f_T es el factor de fricción en el conducto al cual está conectada la válvula o junta, tomado en la zona de turbulencia completa.

Cuadro 3. Resistencia en Válvulas y juntas expresadas como longitud equivalente en diámetros de conducto, L_c/D .

Tipo de accesorio	Longitud equivalente en diámetros Le/D
Válvula globo - abierta de todo	340
Válvula de ángulo abierta del todo	150
Válvula de compuerta - Abierta del todo	9
Abierta a $\frac{3}{4}$	35
Abierta a la mitad	160
Abierta a $\frac{1}{4}$	900
Válvula Cheque - Tipo giratorio	100
Tipo Bola	150
Válvula de mariposa - Abierta del todo	45
Codos de 90° - Estándar	30
Radio largo	20
De calle	50
Codos de 45° - Estándar	16
De calle	26
Te estándar - flujo directo	20
Flujo desviado a 90°	60
Válvula de bola (cierre rápido) - Abierta	3

Fuente: Mott. R. (1996)

Los valores de f_T varían con el tamaño del conducto y de la válvula. ocasionando que el valor del coeficiente de resistencia K también varíe, el Cuadro 4 enumera los valores de f_T para tamaños estándar de conductos de acero comercial, nuevo y limpio.

Cuadro 4. Factor de Fricción en Zona de Turbulencia completa para conductos de acero comercial nuevo y limpio

Tamaño de conducto Nominal (pulg)	Factor de fricción. f_T	Tamaño de conducto Nominal (pulg)	Factor de fricción. f_T
$\frac{1}{2}$	0.027	4	0.017
$\frac{3}{4}$	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
$1 \frac{1}{4}$	0.022	8-10	0.014
$1 \frac{1}{2}$	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
$2 \frac{1}{2}$. 3	0.018		

Colegio de Ingenieros de Venezuela, Curso de Bombas Hidráulicas, Caracas, 1993 sugiere que este cálculo se puede llevar a través del siguiente protocolo:

Calculo para Evaluación de la Capacidad de Bombeo

Carga o Altura Dinámica Total de Bombeo (ADT)

La Altura Dinámica Total (ADT) de bombeo representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una maquina (expresados en metros de columna del mismo) para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma más desfavorable.

La expresión para el cálculo de ADT proviene de la ecuación de Bernoulli y es como sigue en la ecuación (12):

$$ADT = (h_d - h_s) + h_{fs} + h_{fd} + \frac{V^2}{2g} + h_r \quad (12)$$

Donde:

h_d = Altura geométrica en el nivel de descarga del liquido (m).

h_s = . Altura geométrica en el nivel de succion del liquido (m).

h_{fs} = Perdidas de carga en la zona de succion del liquido (m).

h_{fd} = Perdidas de carga en la zona de descarga del liquido (m)

h_r = Es la presión residual que debe vencer la bomba cuando el fluido llegue a su destino o punto más desfavorable. (m).

v = Velocidad de movimiento del fluido ($m \cdot s^{-1}$)

g = Aceleración de la gravedad ($m \cdot s^{-2}$)

Al encontrarse ambos tanques abiertos a la atmosfera, las presiones residuales h_{fs} y h_{fd} se eliminan, Si en cambio el tanque de descarga se mantiene con una determinada presión, a la ecuación anterior se le suma el valor de h_{fd} y si además el

tanque de succión se mantiene también presurizado, a la misma ecuación se le restar hrs.

Dimensionamiento de las Bombas y Motores

La potencia de la bomba podrá calcularse por la fórmula establecida en la ecuación (13).

$$HP = \frac{Q \text{ (L.s}^{-1}\text{)} * H \text{ (m)}}{75 * n \text{ (\%)} / 100} \quad (13)$$

Donde:

HP = Potencia de la bomba en caballos de fuerza.

Q = Capacidad de la bomba en L.s⁻¹.

ADT = Carga Dinámica total de la bomba.

n = Eficiencia de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60%.

Los motores eléctricos que accionan las bombas deberán tener, según las normas oficiales vigentes, una potencia normal según las formulas siguientes:

HP(motor) = 1.3 * HP(bomba) para motores trifásicos.

HP(motor) = 1.5 * HP(bomba) para motores monofásicos

Evaluación del sistema de riego parcelario.

Evaluación Riego Presurizado

Para el caso de la evaluación hidráulica de riego presurizado en parcelas, Acosta (1982) propone evaluar los sistemas de riego para determinar la calidad de su funcionamiento hidráulico y su efecto en los rendimientos de los cultivos, aseverando que una forma de evaluar los sistemas de riego, es mediante la medición de la distribución espacial del agua aplicada a los terrenos, para ello es necesario medir los coeficientes de uniformidad de agua mediante el uso de las ecuaciones de

Christiansen para riego por aspersión, y Karmeli y Keller en el caso del riego por goteo, ya que son los principales indicadores de esta distribución tomando en cuenta para ello los factores que afectan considerablemente al coeficiente de uniformidad de aplicación del agua, como el diseño hidráulico de los sistemas de riego. factores climáticos y los factores de funcionamiento.

Evaluación Riego por Gravedad

Meneses (2000) señala que el riego por gravedad es la técnica de riego más antigua y que más ampliamente ha aplicado el hombre a nivel mundial, Para superar las limitaciones que tradicionalmente ha tenido esta técnica siendo necesario considerar durante su evaluación hidráulica las pérdidas de agua por percolación profunda y escurrimiento superficial y situarla comparando las misma con otras técnicas de riego de elevado desarrollo tecnológico (riego por aspersión y localizado), para ello se debe comenzar por determinar los elementos fundamentales del diseño y la operación de los sistemas de riego por gravedad, con arreglo a las condiciones concretas de suelo y topografía, lo cual debe posibilitar la elevación de la eficiencia de dichos sistemas de riego.

Por su parte Clemmens (1991), señala que en los sistemas de riego manejados mediante la fisiografía del terreno y el uso de la gravedad, el riego produce resultados muy favorables para una zona o región, pero su mal manejo puede llevar al deterioro del suelo y del agua en particular, y del ambiente en general, Usar racionalmente el agua desde el punto de vista agrícola, implica maximizar el beneficio a obtener y manejarla apropiadamente (oportunidad del riego y cantidad necesaria y suficiente de manera de reducir al mínimo las pérdidas y desperdicios).

Ambos métodos de riego deben ser evaluados para determinar así la eficiencia de su funcionamiento durante su aplicación en este sentido Gerben (1991) define la eficiencia en la aplicación de diferentes métodos de riego como la razón entre el volumen de agua que se almacena en la zona radicular para finalmente ser consumido (transpirado y/o evaporado) y el volumen total aplicado además, considera las pérdidas de aguas comunes están representadas por el escurrimiento superficial y la percolación

profunda, menospreciando a su vez la evaporación, Mientras Grassi (1975) indica que la eficiencia está limitada por el método de riego a utilizar para el riego por surco se estima como el rango apropiado de eficiencia aquel que va entre 60 - 70% para el mismo método refleja valores de 20% en suelos arenosos y 65% en suelos con pendientes altas, pesados y bien nivelados.

También la relación entre el agua que realmente queda almacenada en las zonas de raíces del cultivo y por lo tanto puede ser aprovechada por ellas, de este modo el agua total aplicada con el riego presentara variaciones en la eficiencia según el método aplicado como se indica en el siguiente cuadro:

Cuadro 5. Eficiencia utilizada para diferentes métodos de riego

Método de riego	% de eficiencia
Tendido	20 – 30
Surco	30 – 60
Corrugado	60 – 70
Platabandas	65 – 85
Surcos a curvas de nivel	40 – 70
Aspersión	70 – 85
Goteo	90 – 95
Microaspersión	85 – 95
Cinta	80 – 95

Fuente: SCS - USDA. (1972)

Indicadores de Eficiencia en los Métodos de Riego

Coeficiente de Uniformidad

Este concepto se ha desarrollado con la finalidad de evaluar cuan homogéneamente se ha distribuido el agua sobre la superficie después de un riego, El coeficiente de uniformidad más comúnmente usado es el de Christiansen, citado por Merrian (1980) el cual es mostrado en la ecuación 18.

Factores Considerados Influyentes en la Eficiencia de los Sistemas de Riego por Gravedad

Tiempo de riego

Es el tiempo que permite que el suelo alcance la humedad adecuada al final del surco después de aplicar la lámina de riego neto (L_r).

Longitud óptima del surco (LOPS)

La longitud óptima es altamente dependiente de la percolación profunda, Para Larrañaga (1977) y Villaroel (1981), el largo del surco está en función del caudal que se aplica, de la naturaleza cultivo, humedad del suelo y de la pendiente del terreno.

Grassi (1975), considera que otros factores que pueden influir son el largo, el tipo de uso de la maquinaria agrícola y la mano de obra disponible. Según este autor siempre conviene buscar la mayor longitud del surco ya que una reducción conlleva a:

- Mayor subdivisión de los espacios evaluados y potreros.
- Aumento de la longitud del surco empleado como regadero y del número de estructuras.
- Mayores dificultades para las labores mecanizadas.
- Mayores costos de operación y conservación del sistema.

Percolación profunda

Villaroel (1981) establece que la percolación se debe al excesivo tiempo de riego. lo que produce una infiltración de agua más allá de la zona de raíces, donde se conoce que ocurren las mayores pérdidas es en suelos arenoso, Podemos enumerar de la siguiente manera los factores naturales que influyen en el proceso de percolación:

- Superficie irregular del terreno.
- Suelos con un horizonte de poco espesor ubicado sobre un subsuelo de alta permeabilidad.
- Poca supervisión del agua en el momento de aplicación para el riego.

- Aplicación excesiva de aguas de riego en horarios nocturno.

Forma de los surcos

Villaroel (1981) sostiene que la forma de los surcos puede tener gran influencia en la eficiencia del riego, No obstante Grassi (1975) comenta que el tiempo de riego depende perfil transversal del suelo y del implemento con que se haga la preparación del suelo para la siembra, Mientras Merrian (1980) Le atribuye a este factor influencia en la eficiencia debido a los tiempos de avance y tiempo de infiltración.

La forma de los surcos dependerá de lo que el diseñador de riego persiga como objetivo, En los suelos de baja velocidad de infiltración y de mucha pendiente, debe buscar la forma de mayor perímetro mojado, Si el perfil presenta problemas de salinidad, aconseja surcos anchos y de reducida profundidad.

Pendiente del suelo

Su estudio es importante por cuanto tiene influencia sobre la erosión, la velocidad de avance, el caudal a aplicar, la longitud y la forma del surco Villaroel, (1981).

Infiltración

Es el proceso mediante el cual el agua penetra desde la superficie del suelo a su interior. Varios factores influyen en el proceso de infiltración donde se incluyen las condiciones superficiales del suelo y la cubierta vegetal, propiedades del suelo como porosidad y conductividad hidráulica así como el contenido de humedad del suelo Show (1994).

Infiltración de los suelos

Esta característica de los suelos guarda estrecha relación con la eficiencia, hay que acotar que lo que interesa en este tipo de mediciones es el tiempo efectivo de riego, es decir la capacidad que posee el agua para infiltrar, este factor depende de las propiedades físicas del suelo tales como estructura, textura y porosidad.

Tayupanda (2009) Señala que el orden de precisión de los métodos para determinar la infiltración y utilizarla en el diseño de los surcos es:

- Balance volumétrico y curvas de avance.
- Medición de entrada y curvas de salida.
- Infiltración de surcos.
- Cilindros infiltrómetros.

Otra de las características que puede influir en el proceso de infiltración de agua en el suelo puede estar asociada a lo establecido por Gurovich (1985) quien señala que la velocidad de infiltración también varía con los cambios de estación, la actividad microbiana y la cantidad de materia orgánica del suelo.

Medición de la infiltración

Se utilizan varios métodos para medir la velocidad de infiltración en el caso de aplicación de riego se emplea el método más aproximado al modo de riego a emplear.

Gurovich (1985) señala que el grado de confianza de las mediciones de infiltración con respecto a la velocidad de infiltración real se relaciona con la superficie que se desean representar y la velocidad del perfil, debido a la heterogeneidad de los suelos incluso en áreas comparativamente pequeñas originan rangos de las mediciones experimentales, Por lo tanto, la variabilidad de los resultados de campo resultantes de la heterogeneidad de los suelos de las condiciones humedad y de gradiente de potencial (mátrico y gravitacional) hace que estos resultados solo sean aplicables para superficies pequeñas y para esas condiciones especiales.

El método a aplicarse dependerá de las condiciones del suelo y de la disponibilidad de equipo para su medición, para la medición de la infiltración en campo se basan en la inundación y estancamiento del agua en la superficie del suelo, aplicación de alimentación y medidas de agua en la entrada y salida de la zanja.

A continuación se explicaran los principios de los principales métodos de medidas de infiltración:

Cilindros Infiltrómetros

Gurovich (1985) señala que los cilindros infiltrómetros son los instrumentos actualmente más empleados en el estudio de la velocidad de infiltración de los suelos, En un inicio esta técnica se basó en el empleo de un cilindro simple, sin embargo los resultados obtenidos presentaron una gran variabilidad, probablemente debido al movimiento lateral del agua no controlado, Posteriormente se instalaron los cilindros dobles para minimizar el movimiento lateral del agua, la cual funciona como un área tampón alrededor del cilindro en forma descendente, debido a la aplicación de una lámina de agua medida en el cilindro a diferentes tiempos.

Surcos Infiltrómetros

Este método denominado también de entrada y salida, fue descrito por Schilardi (2010). el cual determina la velocidad de infiltración mediante el aforo de agua en la entrada y a la salida del surco, La diferencia entre la cantidad de agua que entra al surco y la cantidad de agua que sale puede considerarse muy representativa de la infiltración. La infiltración total de un área determinada dependerá de la infiltración vertical como de la infiltración lateral. entre surcos consecutivos. Este método solo proporciona valores promedios en un rango de infiltración.

Velocidad de Infiltración

Es la cantidad de agua infiltrada por unidad de superficie y tiempo y se mide en mm de altura de agua por hora (1 mm de agua equivale a un litro por metro cuadrado de superficie) (Cuadro 6).

Velocidad de infiltración según la textura del suelo.

Cuadro 6. Relación entre las Textura del suelo y la velocidad de infiltración mm,h⁻¹

Textura del suelo	Velocidad de infiltración mm,h ⁻¹
Arcilla	1.00 - 5.00
Franco arcilloso	5.00 – 10.00
Franco	10.00 - 20.00
Franco arenoso	20.00 -30.00
Arenoso	30.00 - 100.00

Fuente: SCS - USDA. (1972)

La tasa de infiltración del agua en el suelo, no es constante con el tiempo, sino que disminuye al humedecerse el perfil del suelo, Las cifras presentadas en el Cuadro 7 se refieren a las tasas medias de infiltración, en contra posición a la tasa inicial y la básica, es decir que en el momento de iniciar el riego y cuando la tasa de infiltración ha pasado a presentar tendencia a la continuidad.

En el siguiente cuadro se presentan valores para la tasa de absorción y suministro correspondientes en L.s⁻¹. en una superficie de 01 ha para ciertos tipos de textura de los suelos.

Cuadro 7. Relación entre textura del suelo, tasa de infiltración y caudal

Textura del suelo	Tamaño del caudal (L.s ⁻¹ ha ⁻¹)	Tasa de infiltración mm.h ⁻¹
Arenoso	140.00	50 (25-250)
Franco arenoso	70.00	25(15 -75)
Franco	35.00	12.5(8 -20)
Franco arcilloso	22.00	8.0 (2.5 -15)
Arcilloso	14.00	5.0 (1-15)
Arcillo Limoso	7.00	2.5(0.03 -5)

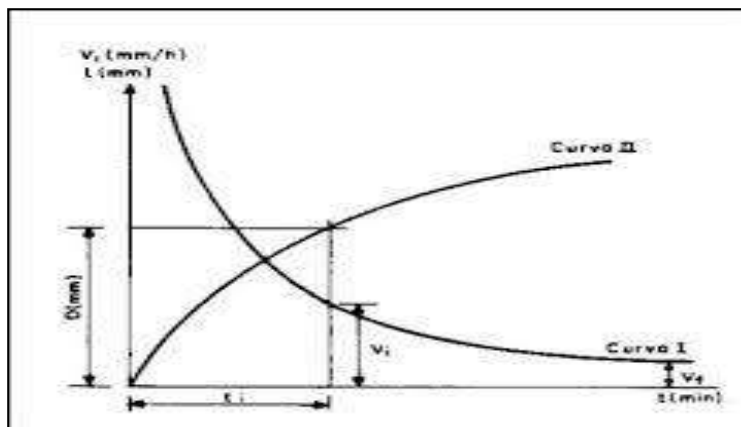
Fuente: SCS-USDA. 1972

Velocidad de instantánea o Infiltración Instantánea (li)

Es la máxima velocidad con la que el suelo absorbe el agua en un momento determinado, disminuyendo con el tiempo hasta alcanzar un valor constante.

Velocidad acumulada (Ia)

Tayupanda (2009) señala que para determinar la infiltración básica es recomendable el empleo del método que establece la ecuación de Kostiakov la cual señala que el valor de la cantidad de agua infiltrada estará establecido en función del tiempo hasta que esta se vuelve constante como se indica en la siguiente Figura 13.



Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje N° 24.

Figura 14. Curvas de velocidad de infiltración en función del tiempo

Para la determinación de la infiltración en un terreno se recurre a la formula empírica Ecuación 16):

$$ia = Kt_c^a + bt_c + C \quad (16)$$

Donde la infiltración acumulada se mide en mm.

La infiltración instantánea se obtiene a partir de la derivada de la expresión anterior:

$$Ii = Kat_c^{a-1} + b$$

Ii = Velocidad Instantánea de infiltración en $L.T^{-1}$

Tc = tiempo de contacto en min

$K.a.b$ y c = parámetros que se determinan a partir de los datos medidos en campo.

La capacidad de infiltración conocida como infiltrabilidad del suelo es el flujo de agua que el suelo puede absorber a través de su superficie cuando es mantenido en contacto con el agua a presión atmosférica.

Mientras la velocidad de aporte del agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua ingresa tan rápidamente como es aportada y la velocidad de aporte determina el proceso de infiltración, el cual es controlado por el flujo, sin embargo una vez que la velocidad de aporte excede la infiltrabilidad del suelo, es esta última la que determina la velocidad de infiltración de este modo todos los procesos son controlados por las características del perfil Gurovich, (1985).

Martínez (1987) La cantidad de escorrentía dependerá de la porosidad del suelo, contenido de humedad intensidad de la lluvia y cobertura del suelo.

La velocidad de infiltración depende de diversos factores como lo son el espesor de agua empleado en el riego o lluvia, la temperatura del agua y el suelo, la estructura y la compactación, textura, estratificación, contenido de humedad, agregación de materia orgánica, y actividad microbiana.

Evaluación del Riego por Aspersión

La evaluación del riego por aspersión consiste en la instalación de una serie de pluviómetros para la determinación de la pluviosidad de los distintos puntos del área mojada de los aspersores, con la finalidad de obtener bajo ciertos procedimientos, parámetros que expresan la eficiencia del riego aplicado Cisneros, (2008).

Dentro de la evaluación de un sistema de riego por aspersión se debe tomar en cuenta muchos factores y aspectos que pudieran afectar la eficiencia de riego de forma directa o indirecta como la topografía, suelos (tipos de texturas), parámetros de los cultivos, presiones del sistema, caudales, pluviosidades, accesorios, infiltraciones, fugas, etc.

Para una rápida evaluación de un sistema de aspersión podemos determinar ciertos parámetros que sirven de base para su clasificación, entre estos tenemos:

Características del aspersor

Las características del aspersor y las condiciones de la prueba son anotadas en un formulario que debe contener ítem con señalamientos de tipo de aspersor y boquillas. presión de funcionamiento, velocidad y dirección del viento, velocidad de giro, numero de golpes del martillo por minuto, y las distancias de espaciamiento. Es posible examinar un solo aspersor, una línea de aspersores o un grupo de aspersores funcionando simultáneamente; al finalizar la prueba la cantidad de agua que se acumuló en cada recipiente deberá ser registrada en el formulario.

Para la evaluación de riego por aspersión es importante tomar en cuenta los siguientes parámetros de riego:

1) Determinación del coeficiente de uniformidad de Christiansen (Cu) en %

Una elevada uniformidad permite hacer un uso más eficiente del agua disponible, maximizar la producción y limitar las pérdidas de agua por percolación profunda, Las evaluaciones de riego en campo sirven para determinar la distribución del agua del riego en la parcela, Esto permite diagnosticar la uniformidad del riego estableciendo niveles cuantitativos, en este sentido los sistemas de riego por aspersión requieren un valor mínimo de uniformidad para ser considerados aceptables.

Karmelli (1974), considera que la uniformidad del riego en un sistema bajo aspersión es aceptable cuando el coeficiente de uniformidad (CU) alcanza el 84%; en

este sentido se ha decidido emplear este valor como referencia para distinguir valores altos y bajos del CU, Dado que el CU (Ecuación 18) es una representación estadística basada en la determinación de agua promedio por recipiente y las desviaciones de la cantidad promedio. El resultado estará expresado en porcentaje en la medida que la distribución sea mejor, menores serán las desviaciones y consecuentemente el valor obtenido tenderá al 100%.

$$CU = (1 - \frac{\sum_{i=1}^n |V_i - \bar{V}|}{n\bar{V}}) 100 \quad (18)$$

V_i = Volumen recogido en cada pluviómetro.

$\bar{V}$ = Media de cada uno de los volúmenes registrados. en ml

n = Número total de pluviómetros.

Determinación de la uniformidad de distribución (UD).

Para el examen de la calidad de distribución de agua por los aspersores en distintas condiciones de funcionamiento, se emplean diferentes métodos, los cuales se basan en la captación del agua de riego en recipientes ubicados en campo, El tamaño de los recipientes y su ubicación variaran de acuerdo con el tipo de aspersor y se calcula con la ecuación 19, como sigue:

$$UD = \frac{\overline{V_{1/4}}}{\bar{V}} \quad (19)$$

Donde:

$\overline{V_{1/4}}$ = Media del 25% de los menores valores del total de mediciones.

$\bar{V}$ = *Media del conjunto de valores*.

En el Cuadro 8 se muestran Valores de referencia para calificar la uniformidad de la distribución.

Cuadro 8. Valor de Uniformidad de la Distribución

Valor De Uniformidad De La Distribución	Clasificación
Mayor a 85%	Excelente
De 80 - 85%	Buena
De 75 - 80 %	Aceptable
Menor de 75%	Inaceptable

Fuente: Estudio FAO Riego y Drenaje N° 24. (1990)

La Precipitación media (P_m) es la altura de agua medida en mm recolectada en el tubo graduado durante el ensayo y se puede obtener a través de la ecuación 20 como sigue:

$$P_m = \frac{\bar{V}}{S} 1000 \quad (20)$$

Donde:

$\bar{V}$ = media de los volúmenes captados en cada pluviómetro y registrado en ml .

S = superficie del pluviómetro en mm^2 .

La Pluviometría media recogida (hm) se define como altura del cilindro obtenida por unidad de tiempo y registrada en mm.h^{-1} (Ecuación 21).

$$hm = \frac{P_m}{t} 60 \quad (21)$$

Donde:

P_m = Precipitación media en mm.

t = tiempo de duración del ensayo en minutos.

Pluviometría media aplicada por el aspersor (qr): Altura media aplicada por unidad de tiempo en mm.h^{-1} (Ecuación 22):

$$qr = \frac{q}{s1.sm} 1000 \quad (22)$$

Donde:

q = Caudal de aforo en el aspersor de ensayo en $m^3.h^{-1}$.

$s1$ = Separación entre líneas de aspersores ramales en m.

sm = Separación entre aspersores en un ramal en m.

Evaluación de la Eficiencia de Funcionamiento de los Sistemas de Riego Presurizado (Aspersión y Goteo) construidos en la Fase I del Sistema de Riego Taiguaiguay – Tucutunemo.

Se verificaron cotejando las características mecánicas, físicas e hidráulicas de cada una de las estructuras componentes del sistema (obra trasvase del embalse de Taiguaiguay – Tucutunemo) con la finalidad de conocer si el diseño se adapta a las condiciones de funcionamiento de los diferentes métodos de riego empleados para suministrar agua a los cultivos en los territorios Taiguaiguay y Valle de Tucutunemo. Entre las técnicas a ser empleadas para esta evaluación se encuentran los coeficientes de uniformidad de distribución del agua; de Christiansenn (1942), CUC, para los sistemas de riego por aspersión y de Keller y Karmeli (1974), CU, para goteo.

Coeficiente de Evaluación de Keller y Karmeli :

$$CU_a = \frac{1}{2} \left(\frac{q_{25}}{q_a} + \frac{q_a}{q_{12,5}} \right)$$

CU = Coeficiente de uniformidad

q_{25} = Caudal obtenido con el 25% de los emisores con caudales mas bajos.

q_a = Caudal medio obtenido con la totalidad de emisores muestreados.

Otros Factores a Considerar para la Evaluación de la Eficiencia de los Sistemas de Riego

Necesidad de Agua de los Cultivos

Las necesidades de agua en los cultivos es el paso previo para establecer los volúmenes de agua que serán necesarios aportar con el riego.

La cantidad de agua que las plantas transpiran es mucho mayor que la que retienen siendo esta a su vez la que emplean para el crecimiento y la fotosíntesis, La transpiración puede considerarse, por lo tanto, como el consumo de agua de la planta, además amerita considerar que hay pérdidas de agua por evaporación de la misma desde la superficie del suelo.

La cantidad de agua que suponen ambos procesos, transpiración y evaporación, suele considerarse de forma conjunta simplemente porque es muy difícil calcularla por separado, por lo tanto, se considera que las necesidades de agua de los cultivos están representadas por la suma de la evaporación directa desde el suelo más la transpiración de las plantas que comúnmente se conoce como evapotranspiración (ETP). La Evapotranspiración suele expresarse en mm de agua evapotranspirada en cada día (mm.día^{-1}), esta cantidad variará según el clima y el cultivo, no obstante, en la realidad existe una interacción entre ambos, por lo cual puede admitirse la simplificación y considerarlos por separado.

Calculo de la Evapotranspiración de Cultivo (ETC.)

Uno de los principales aspectos de la irrigación es la determinación de la cantidad de agua a aplicar en un cultivo, esta cantidad está relacionada con la ETP y por lo tanto se necesita una estimación de este parámetro, En zonas sin lluvia o bajo invernaderos la necesidad de riego depende completamente de la ETP, es decir, el riego es iniciado bajo el orden de este parámetro a los fines de ahorrar agua y minimizar la perdida de agua por infiltración y percolación profunda .

En cultivos bajo riego, aplicados por gravedad y aspersión, el ahorro de agua está fundamentado en la ETP, debido a que el intervalo entre riegos se trata de alargar al máximo posible, sin perjudicar al cultivo para evitar costos de operación (energía y mano de obra).

Los métodos empíricos para determinar la ETC, se basan en el siguiente cálculo (Ecuación 23)

$$ETC = Kc * ETP \quad (23)$$

Donde Kc es el coeficiente del cultivo obtenido construyendo curvas de Kc ó en tablas de referencia según cultivo y varía con el estado de desarrollo de los cultivos, el porcentaje de cobertura, condiciones climáticas y la disponibilidad de agua en el suelo, Los valores de evapotranspiración del cultivo (ETc) se expresan en unidades de $mm \cdot día^{-1}$ (Dorenbos y Kasam 1976)

Calculo de la lámina de riego de los cultivos.

Para un completo análisis de los requerimientos de agua en los cultivos a ser evaluados mediante un determinado método de riego. Olivos (2008) recomienda el cálculo de la lámina de riego requerida por el rubro mediante la consideración y aplicación de las siguientes variables y Ecuaciones (24, 25, 26, 27):

$$Lfa = \sum \left[(\phi_{CC} - \phi_{PMP}) * \left(\frac{Da}{Dw} \right) * (z) \right] \quad (24)$$

Lfa : Lámina faltante programada (mm)

ϕ_{CC} : fracción de humedad del suelo a capacidad de campo ($g \cdot g^{-1}$).

ϕ_{PMP} : porcentaje de humedad crítica del cultivo ($g \cdot g^{-1}$).

Da : Densidad Aparente del estrato de suelo ($Mg \cdot m^{-3}$).

Dw : Densidad del agua ($Mg \cdot m^{-3}$).

Z : Profundidad del estrato de suelo (mm)

$$Fl = \frac{CE\ agua}{CE\ Extrato} \quad (25)$$

Fl: Fracción de Lavado

CE agua: Conductividad eléctrica del agua de riego (dS.m⁻¹).

CE Extracto: Conductividad eléctrica del extracto de saturación suelo (dS.m⁻¹) tolerable por el cultivo.

Ld: Lamina de drenaje (mm). $Ld = \frac{(Lfa * Fl)}{(1 - Fl)}$

Lfa: Lamina faltante programada (mm).

Fl: Fracción de Lavado.

$$Lrn = Lfa + Ld \quad (27)$$

Lrn: Lamina de Riego Neta (mm)

Ld: Lamina de drenaje (mm).

Lfa: Lamina faltante programada (mm).

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIALES

- ✓ GPS modelo Garmin, Manómetro Burton de precisión, tubo Pitot, Crónometro, recipientes de capacidad conocida, mangueras flexibles, Flanches con salida de 4 pulgadas, barrenos, pala, pluviómetros, cinta métrica, cilindro graduado, anemómetro, veleta, canaleta Parshall garganta 18 cm, Bulbo de humedecimiento, tensiómetro, manómetros móviles tipo Bourdon.
- ✓ Cámara Fotográfica digital.
- ✓ Planos de distribución del sistema de riego con tuberías primarias, secundarias y terciario implantado durante la construcción de la primera fase I del sistema de riego Taiguaiguay – Valles de Tucutunemo.
- ✓ Paquete estadístico Statistic versión 12 para medición del comportamiento correlativo de las variables a ser analizadas en las parcelas tomadas para el muestreo.
- ✓ Software para elaboración de mapas Google Earth versión 10.4. y Quantun GIS 2.12

MÉTODOLOGIA

Entrevista a Productores

Se procedió a entrevistar a los productores beneficiados por la fase I de la obra principal del sistema de riego a los fines de identificar sus inquietudes acerca del funcionamiento del sistema de abastecimiento agua de riego en cada parcela. Para ello se aplicó un modelo de instrumento tipo encuesta (Anexo 01) diseñado para recolectar toda la información sobre el productor, necesaria para la evaluación hidráulica y funcional del sistema de riego.

Levantamiento de la Infraestructura a Evaluar

Una vez identificados los productores y empleando la metodología propuesta por Paz et al (2008) se verificó la ubicación de toda la infraestructura hidráulica con coordenadas UTM (Universal Transector Mercator), mediante el uso de un equipo que emplea el Sistema de Posicionamiento Global GPS, siendo los registros obtenidos comparados con los planos y mapas del sistema de riego instalados durante la fase I del proyecto, a fin de obtener como resultado final de este proceso un SIG (Sistema de Información Geográfico), que permita la obtención de una herramienta rápida de visualización espacial de fácil acceso, dirigida a variados análisis, como por ejemplo: hectáreas cultivadas con riego presurizado con diferenciación de cultivos, la ubicación de los reservorios asociados, diferenciación de sistemas presurizados y su distribución espacial de los mismos.

Mediante la aplicación del formato de procedimiento sugerido por Pérez (2002) para la creación de un Sistema de Información Geográfica se procedió con la ejecución de una secuencia de pasos para la creación de un sistema de información que permitiera digitalizar y georeferenciar las principales obras que conforman el sistema de distribución primario de agua para riego proveniente de la obra trasvase Taiguaiguay - Tucutunemo, así como la ubicación de las parcelas evaluadas con los distintos rubros generados antes y después de la ejecución de la obra que dio origen a

la adopción e implementación por parte de los productores beneficiados al uso de nuevos métodos de riego parcelario en los territorios Taiguaiguay y Tucutunemo.

Es de destacar que para la creación de este SIG se empleó como punto de partida el uso de imágenes satelitales provenientes de la plataforma de la Google Earth versión 7.1.5 2015. Ya que dicho software al ser de uso libre permite su acceso a través de la red de INTERNET para la configuración y georeferenciación de las variables empleadas en el estudio de una forma amigable para su manejo por parte de los distintos usuarios. así mismo permite el respaldo de datos mediante una extensión de archivos KML. que permiten complementar la información inicial aportada por el SIG. así como la exportación de dichos datos para su manejo en otros formatos de software de información geográfica compatibles con estas extensiones de archivo como lo son el Argics. Arcview y Autocad. ofreciendo de este modo al usuario una amplia gama de opciones para el manejo y ampliación de la información presentada inicialmente en el SIG de este trabajo.

Como método de validación de la precisión suministrada por este software para la georeferenciación de los datos incluidos en el estudio se procedió con la calibración del mismo mediante la recolección de coordenadas en campo obtenidas con GPS diferencial Marca RKT Dos bandas marca SOUTH modelo S82T precisión 2.5mm/10 mm las cuales estaban referidas a puntos estratégicos como válvulas y cruces de la tubería principal que permitieran la verificación de la precisión de ubicación de los datos incluidos en el estudio. en este sentido el error obtenido después de 5 repeticiones de lectura fue +/- 0.3 m en relación a la ubicación señalada por el software.

La información presentada en las diferentes capas georeferenciadas señaladas en el SIG. incluyen los siguientes aspectos:

Territorios Taiguaiguay. Tucutunemo (Sectores la Lagunita y parte baja del Cortijo).

1. Puntos de muestreo de caudal $L.s^{-1}$.
2. Red tubería Polietileno Etileno de Alta Densidad P.E.A.D Taiguaiguay diámetro 250 mm.
3. Red tubería Polietileno Etileno de Alta Densidad P.E.A.D Taiguaiguay diámetro 110 mm.
4. Red tubería Polietileno Etileno de Alta Densidad P.E.A.D Taiguaiguay diámetro 180 mm.
5. Red tubería Polietileno Etileno de Alta Densidad P.E.A.D Taiguaiguay diámetro 200 mm.
6. Tubería diámetro 48 acero carbono.
7. Turbia 36 pulgadas acero carbono Tucutunemo.
8. Red de distribución de válvulas de vástago fijo de diámetro 250 mm para la entrega de servicio de agua para riego.
9. Parcelas con riego antes de la construcción de la red de distribución principal para aprovechamiento del agua proveniente del sistema trasvase Taiguaiguay Tucutunemo.
10. Distribución de pozos profundos.
11. Parcela con uso para la producción pecuario.
12. Parcelas con producción de cereales y leguminosa.
13. Parcelas con producción de frutales.
14. Parcelas con producción de hortalizas.

Muestreo Estratificado Aleatorio para Selección de la Muestra de los Sistemas de Riego a Evaluar de Acuerdo al Tipo de Sistema (Gravedad. Goteo y Aspersión)

Se sometió a evaluación el funcionamiento del sistema de distribución principal a través de la valoración del caudal en los puntos de entrega de agua para riego. así como las distintas de técnicas de riego (gravedad. goteo y aspersión) en diferentes predios beneficiados por el sistema construido en la fase I. el método de muestreo empleado en la investigación fué el método de muestreo aleatorio estratificado. sugerido por Seijas. (1999) el cual consiste en dividir el conjunto de elementos N en L subconjuntos mediante variables de control llamadas variables claves de estratificación. las cuales deben estar correlacionadas con la variable en estudio; estas variables agrupan los elementos de la población en L partes. tratando de que sean cada una de ellas lo más homogéneas posibles y las L partes heterogéneas entre ellas. vale decir que las varianzas de cada una de las partes tiende a cero y la varianza entre ellas tiende a un número grande; si esto se logra de esta manera se tiene dividida la población en partes que bien se pueden llamar estratos. Este método también fue empleado por Buendía et al (2006). quienes realizaron la evaluación hidráulica de los sistemas de riego presurizados en propiedades de productores agrícolas. ubicados en los Municipios del Estado de Guanajuato. México.

Para el muestreo fueron seleccionados los predios con sistemas de riego parcelarios instalados en funcionamiento y brindando el servicio de dotación de agua a los productores beneficiados. ya que durante el recorrido inicial efectuado a la obra fueron identificadas rupturas en diversas líneas de distribución primarias que impiden la dotación de agua a todas las parcelas beneficiadas en el sistema. lo cual obligó a disminuir el espacio muestral seleccionado para la investigación. en este sentido se presentan en las Figuras 15 y 16 las parcelas de los productores con los métodos de riego que han sido seleccionadas en los territorios Taiguaiguay (sectores Tamborón. Múcura I) y Valles de Tucutunemo (sector El Ancón. La Lagunita y Parte Baja del Cortijo) para la evaluación a nivel parcelario.

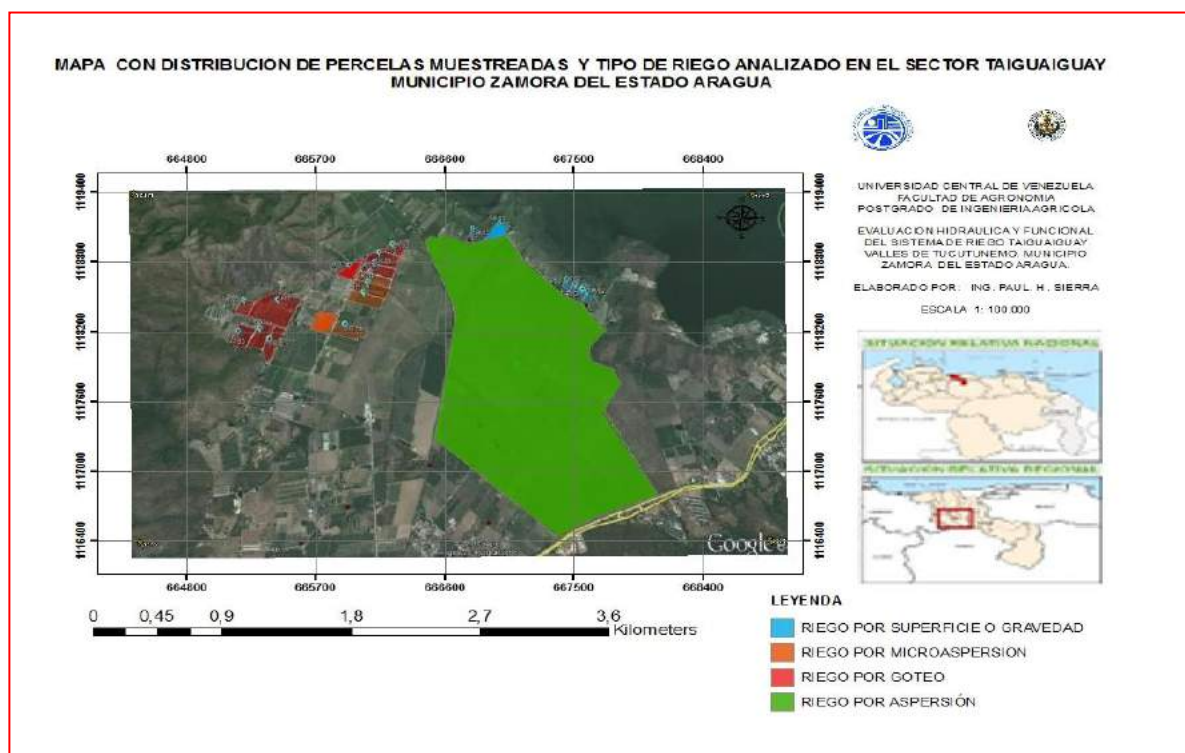


Figura 15. Parcelas seleccionadas para muestreo en el Territorio Taiguaiguay

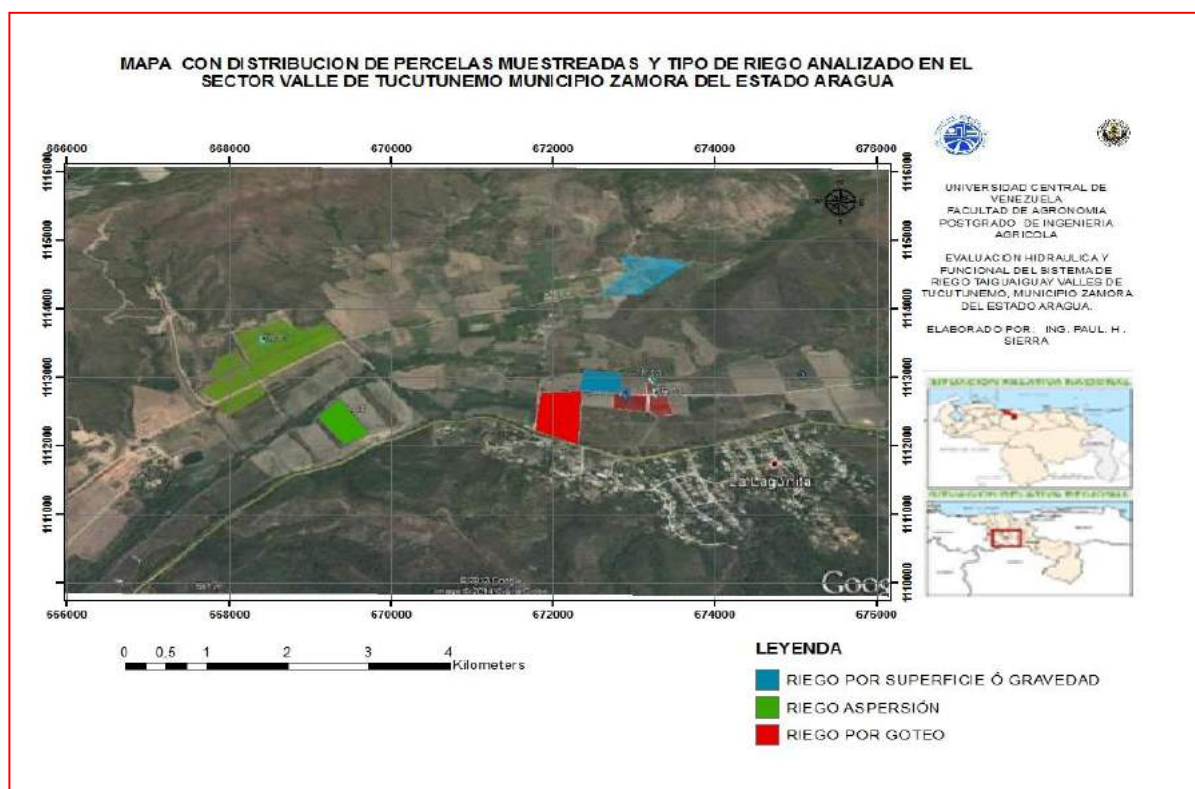


Figura 16. Parcelas seleccionadas para muestreo en el Territorio Tucutunemo.

Fórmula para Selección del Tamaño de la Muestra

Para la selección del tamaño de la muestra fue empleado el método de asignación proporcional basado en que el tamaño de la muestra de cada estrato es proporcional al tamaño del estrato correspondiente con respecto a la población total mediante la aplicación de la ecuación de asignación proporcional (Ecuación 28).

$$n_i = \frac{W_i \sum W_i S_i^2}{\left(\frac{\delta}{Z_{(k/2)}} \right)^2 + \frac{\sum W_i S_i^2}{N}} \quad (28)$$

Donde:

n_i : tamaño de la muestra

N : tamaño de la población

W_i : proporción o peso del estrato en la población

S_i^2 : Cuasivarianza

δ : error estándar

$Z_{(k/2)}$: magnitud que depende del nivel de confianza elegido (distribución normal)

Para la presente evaluación se empleará un nivel de confianza del 95% y un error estándar del 10% basado en estudios previos similares realizados por Paz. et al (2008).

Mientras que para el cálculo del tamaño de la muestra del número de válvulas a ser seleccionadas se procedió con la ampliación de la (Ecuación 29).

$$n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2} \quad (29)$$

Donde:

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0.5.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1.96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2.58; valor que queda a criterio del investigador.

El tamaño de la muestra obtenido de la Ecuación 29 permite calcular la estimación del intervalo de confianza para la media (Ecuación 30). la cual es:

$$\bar{X} - Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \leq \mu \leq \bar{X} + Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad (30)$$

Donde:

μ = Media de la población

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0.5.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1.96 (como más

usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2.58; valor que queda a criterio del investigador.

e = Límite aceptable de error muestra que. generalmente cuando no se tiene su valor. suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0.01) y 9% (0.09). valor que queda a criterio del encuestador.

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población que. generalmente cuando no se tiene su valor. suele utilizarse un valor constante de 0.5.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que. si no se tiene su valor. se lo toma en relación al 95% de confianza equivale a 1.96 (como más usual) o en relación al 99% de confianza equivale 2.58; valor que queda a criterio del investigador.

De donde el error (Ecuación 31) es calculado:

$$e = Z \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \quad (31)$$

El Cuadro 9 muestra el resumen de los tamaños de muestra obtenidos con las Ecuaciones 28 a 30. para cada uno de los métodos de riego evaluados.

Cuadro 9. Tamaño de muestra obtenida sobre la información levantada en campo

Tipo de riego	N° de productores	Tamaño de la muestra del N° de Productores	Superficie regada (ha)	Tamaño de la muestra de la Superficie regada
Aspersión	2	1	135	15
Gravedad	7	2	15	2
Microaspersión	8	3	32	4
Goteo	9	3	36	4

Fuente: Calculos propios

Evaluación de la Eficiencia de Funcionamiento de la Obra Construida para la Dotación de Agua para Riego en la Fase I del Sistema Taiguiguay - Valles de Tucutunemo

Para la evaluación de la eficiencia de trabajo, para la conducción y entrega de agua para riego de 1800 ha distribuidas entre 400 productores, se aplicó el método señalado por *Mott (1996)* reseñado en el Manual de Evaluación de Sistema de Bombeo de agua publicado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en 2011, el cual emplea, el estudio y análisis de las pérdidas de cargas en la red primaria, secundaria y terciaria de tuberías del sistema, así como en los accesorios y estructuras de captación que conforman el mismo, en este sentido y con la topografía del área, fueron evaluados tomando en cuenta para ello el funcionamiento del sistema desde el punto más alejado del territorio beneficiado por el sistema, hasta las fuentes de impulsión del mismo, empleando como principal indicador de pérdida de carga la variación de presión que se registre en los diferentes sectores de las líneas a ser evaluadas, para ello se tomaron las lecturas de los manómetros que se encuentran ubicados en las válvulas de salida del sistema así como manómetros móviles tipo Bourdon que fueron usados para la toma de datos durante la evaluación de las líneas instaladas en la red terciaria,

una vez obtenida estas pérdidas de carga medidas en campo posteriormente fueron cotejadas con las pérdidas de cargas teóricas calculadas con las ecuaciones clásicas de Darcy-Weisbach y Hazen-Williams.

Evaluación del Riego por Gravedad

Para la evaluación del riego por gravedad se valoraron aspectos como: Cantidad de agua aplicada, profundidad de la lámina aplicada, tiempo de riego, perfil de humedad en el surco, eficiencia de aplicación, patrón de almacenamiento en el surco, empleando para ello el procedimiento establecido por Schilardi (2010), el cual recomienda el cumplimiento de los siguientes pasos:

- 1) Aforo del caudal ingresado a la propiedad, derivado a la parcela y finalmente el caudal ingresado y egresado en la parcela bajo estudio, el caudal ingresado y egresado en surcos individuales representativos de las condiciones de riego de las parcelas evaluadas; para esto el autor recomienda el uso de aforadores portátiles tipo Parshall adecuadamente instalados, Los datos obtenidos permitirán conocer el caudal de manejo unitario, así como también la eficiencia de conducción interna del predio y finalmente conocer el volumen de agua aplicado, escurrido e infiltrado mediante el cálculo de los balances de entrada y salida de las parcelas.
- 2) Ensayo de infiltración con el método del doble anillo propuesto por Ibañez (2010), en la cabeza y pie de la unidad de riego.
- 3) Medición del tiempo de avance y receso del frente de agua, para tal efecto Schilardi (2010) recomienda dividir la longitud total de la parcela evaluada en diez partes de igual longitud colocando en cada una de ellas una estaca de madera que permita diferenciar cada estación de medición de avance y receso del agua en el surco, Una vez iniciado el riego se procederá a registrar la medición de avance y receso del frente de agua, esta operación se efectuó por triplicado en surco o melga según sea el caso, La información obtenida será empleada para determinar la ecuación del avance y los tiempos de receso que caracterizan cada evento del riego evaluado.

4) Medición de la pendiente longitudinal del riego: Se procederá a registrar los niveles del terreno en la entrada del surco así como en cada una de las estacas que consideradas para definir las estaciones de medición señaladas anteriormente, determinando así la pendiente parcial y total de la unidad de riego, y la longitud del surco.

5) Medición de las dimensiones de la unidad de riego mediante el empleo de cinta métrica el largo y el espaciamiento entre surcos o melgas según sea el caso respecto a la longitud del tramo evaluado y otro con la cuantificación de la longitud total del tramo considerando para ello el encadenamiento del riego efectuado, Para el caso de los surcos la medición del nivel de mojado se realizó en la cabeza, zona intermedia y final efectuando para ello tres repeticiones por ensayo.

6) Medición de la sección transversal del surco de riego a los fines de conocer la geometría, Schilardi (2010) recomienda medir con la cinta métrica el ancho superior, medio e inferior de surco y tirante de agua estableciendo para ello un mínimo de tres repeticiones por cada caso en los sectores superiores, medios y final de la unidad de riego evaluada.

7) Registro del número de surcos o melgas regadas simultáneamente: Se registró el número de surcos y/o melgas regadas simultáneamente según el manejo del riego habitual del agricultor, así como también el número de surcos o melgas sujetos a la evaluación en campo.

8) Registro del tiempo de aplicación: Se registra el tiempo total de ingreso de agua a la parcela regada, En aquellos riegos con amplios tiempos de aplicación, el tiempo de corte será consultado con el regador ya que el ensayo de campo estará concluido cuando el desagüe se estabiliza en el tiempo.

9) Registro de la humedad en el suelo antes y después del riego: Con el uso de un barreno y recipientes adecuadamente tapados, se obtendrán muestras de suelo para la cuantificación de la humedad en laboratorio secando en estufa dichas muestras obtenidas en tres sitios del surco, los cuales estarán conformados por la zona alta, media y baja del terreno que cubra el surco o melga, según sea el caso, empleando

para ello dos repeticiones y dos profundidades según la exploración radical del cultivo regado (Cereales 0 - 60 cm, frutícolas 50 - 100 cm y Hortícolas 0 - 15 cm y 15 - 30 cm).

10) Conjuntamente con las muestra de humedad serán extraídas dos (02) muestras de suelo por cada uno de los sectores que serán evaluados (zona alta, media y baja del terreno) considerando para ello dos repeticiones y dos profundidades según la exploración radical del cultivo regado (cereales 0 - 60 cm, frutícolas 50-100 cm y Hortícolas 0 - 15 cm y 15 - 30 cm)

11) Muestra de agua en punto de entrega del predio: se procederá a tomar tres muestras de agua a los fines de verificar los niveles de salinidad y condición de calidad sanitaria del agua para el cultivo presentada por la misma, para ello se procederá a tomar una muestra al inicio del riego, durante el tiempo medio de aplicación y al final de la aplicación del riego.

Procesamiento Estadístico de los Datos Obtenidos en Campo Mediante la Aplicación del Modelo de Regresión Lineal Múltiple y Correlación Múltiple

Los resultados obtenidos fueron procesados a través del modelo de Regresión Lineal Múltiple, recomendado por Chacin (2000) debido a que se pretende conocer la relación entre algunas variables evaluadas y establecer la ecuación que permita predecir, controlar y estimar dichas variables.

Para ello los resultados se sometieron a las pruebas estadísticas para comprobar los supuestos de normalidad, los cuales son:

- Homogeneidad de varianzas. $V(\epsilon_i) = \sigma^2$
- Normalidad de los errores. $\epsilon \sim \text{Normal}$
- Independencia. Los ϵ_i son independientes
- Aditividad de los efectos. $E(\epsilon_i) = 0$

De cumplirse con los supuestos. se procederá a aplicar la metodología señalada; donde se obtiene una función de la relación entre la variable dependiente (Y_i) y las variables independientes (X_i) que se refiere al modelo lineal de regresión:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i \quad 32$$

Dónde:

Y_i : variable dependiente (vector de respuesta)

X_i : matriz de variables independientes

β_0 : intercepto de la recta

β_i : coeficientes de regresión de las variables independientes

ε_i : error aleatorio

El Coeficiente de Correlación Múltiple determina el grado de asociación que existe entre las variables. siendo la ecuación:

$$R = \frac{SC \text{ Regresion}}{SC \text{ Total}} \quad 33$$

Donde:

SC Regresión: Sumatoria de cuadrados de Regresión

SC Total: Sumatoria de cuadrados total

El coeficiente de Correlación "R" se encuentra entre $-1 \leq R \leq 1$

Si $R = 0$ implica que no hay relación lineal

Si $R = \pm 1$ todos los puntos caen sobre la recta, R tiene el mismo signo que la pendiente.

Mediante la aplicación de este modelo estadístico se espera poder obtener el grado de correlación existente entre las variables Presión, Caudal, Diámetro de la Tubería, las cuales han sido seleccionadas principalmente para el análisis hidráulico y funcional a los fines de identificar el grado de dependencia de las mismas.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Resultados obtenidos del levantamiento realizado en campo para la conformación del Sistema de Información Geográfica (SIG) de los sectores Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo.

Siguiendo el procedimiento señalado por Perez (2002) y mostrado en la Figura 17

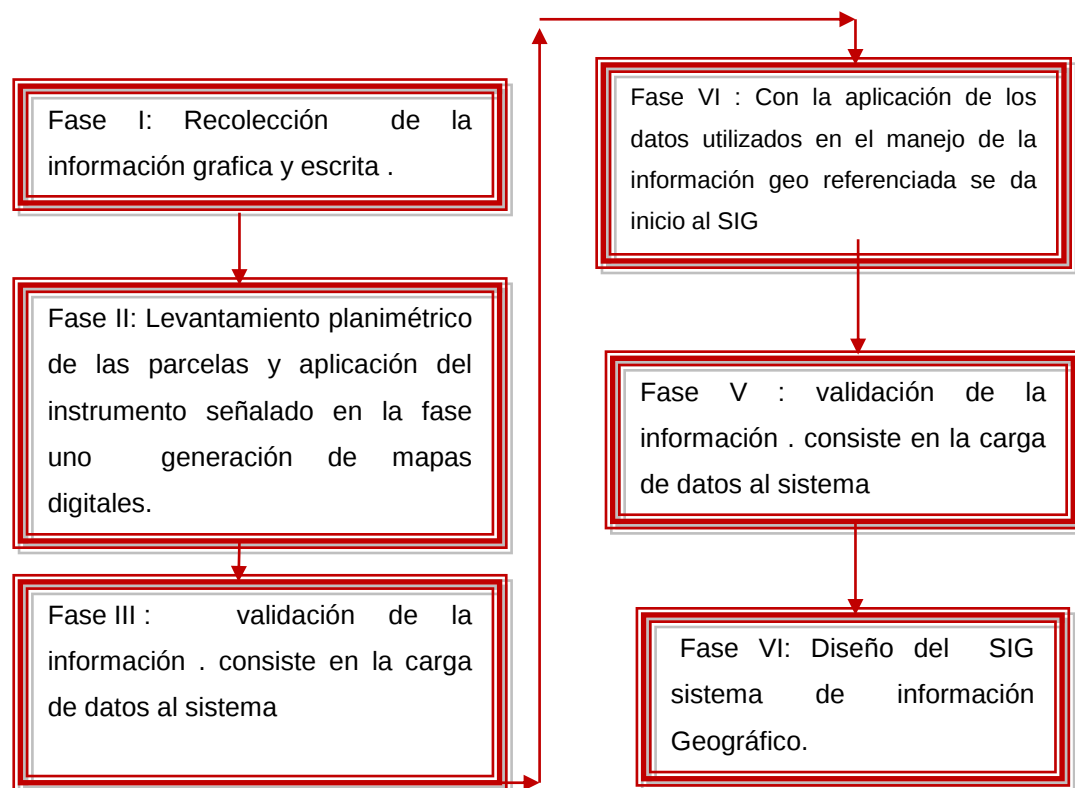


Figura 17. Fases del diseño del Sistema de Información Geográfico

Las Figuras 18, 19, 20 y 21 permiten visualizar como es el incremento experimentado por las superficie bajo riego, una vez finalizada la obra, en los territorios Valles de Tucutunemo, generó un incremento de 41 veces la superficie inicial cultivada con cereales para la producción de semilla; 25 veces la superficie cultivada inicialmente para la producción de leguminosas; 3 veces la superficie cultivada para

la producción de hortalizas. mientras que el incremento de la superficie utilizada en la producción de frutales fue de unas 8 ha y practicas pecuarias mantuvieron sus volúmenes iniciales de producción, Mientras en los territorios de Taiguaiguai. generó un incremento de 20 veces la superficie cultivada para la producción de hortalizas. mientras que el incremento de la superficie utilizada en la producción de frutales se incrementó unas 43 veces y la superficie para prácticas aumentaron unas 38 veces.

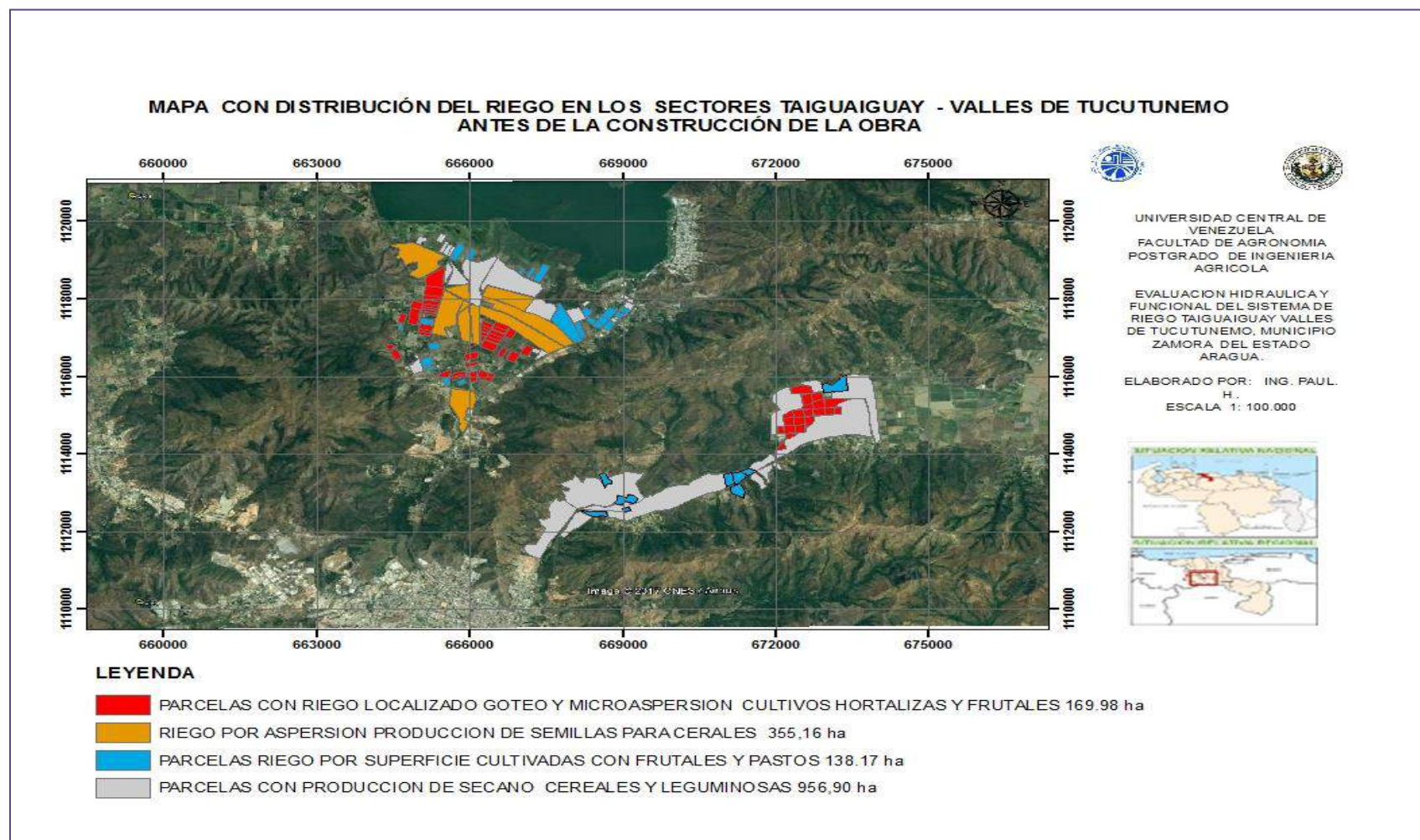
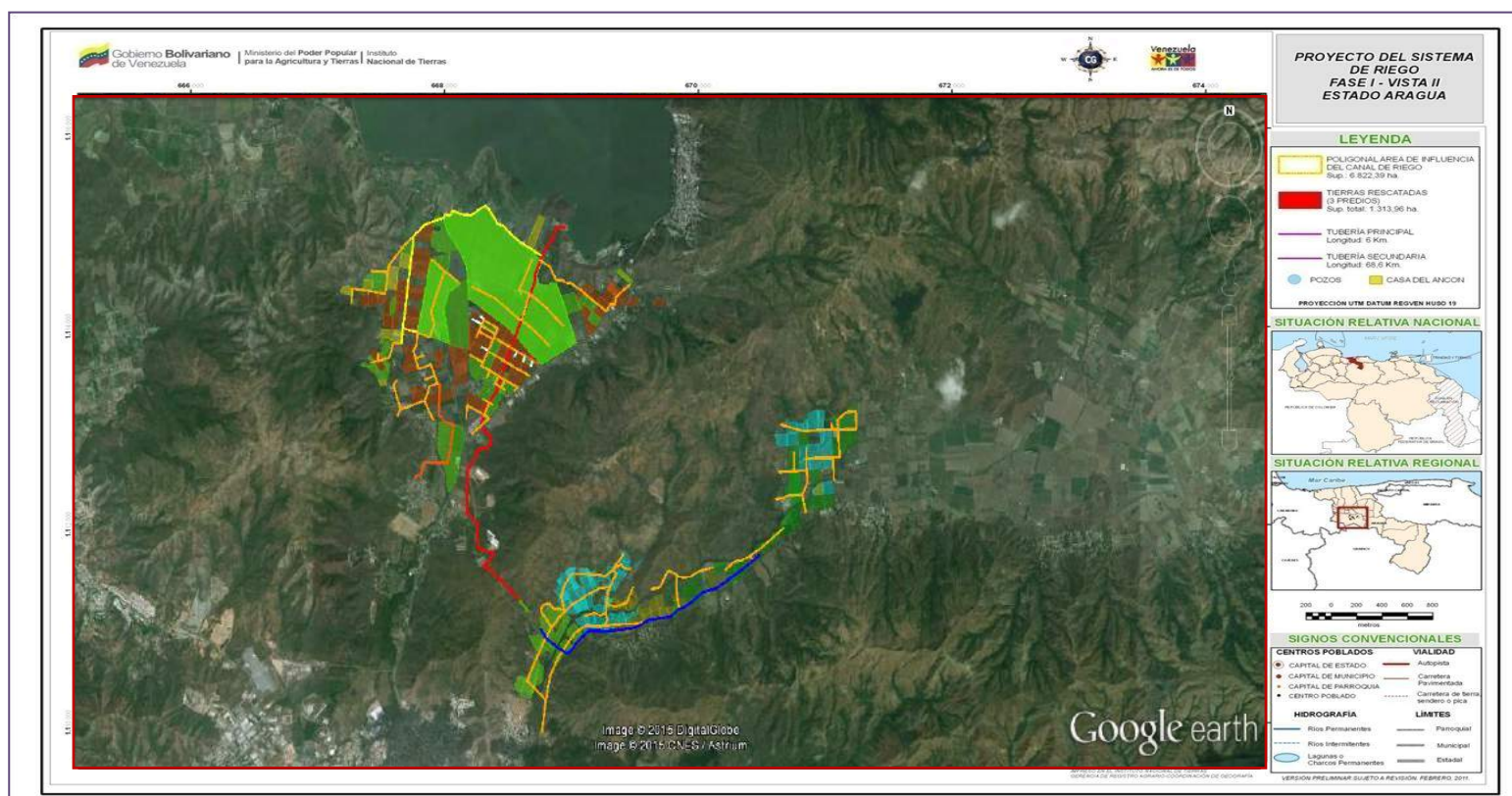


Figura 18. Mapa con detalle de distribución de las parcelas con riego en los territorios Taiguaiguay y Tucutunemo antes de la construcción de la obra.



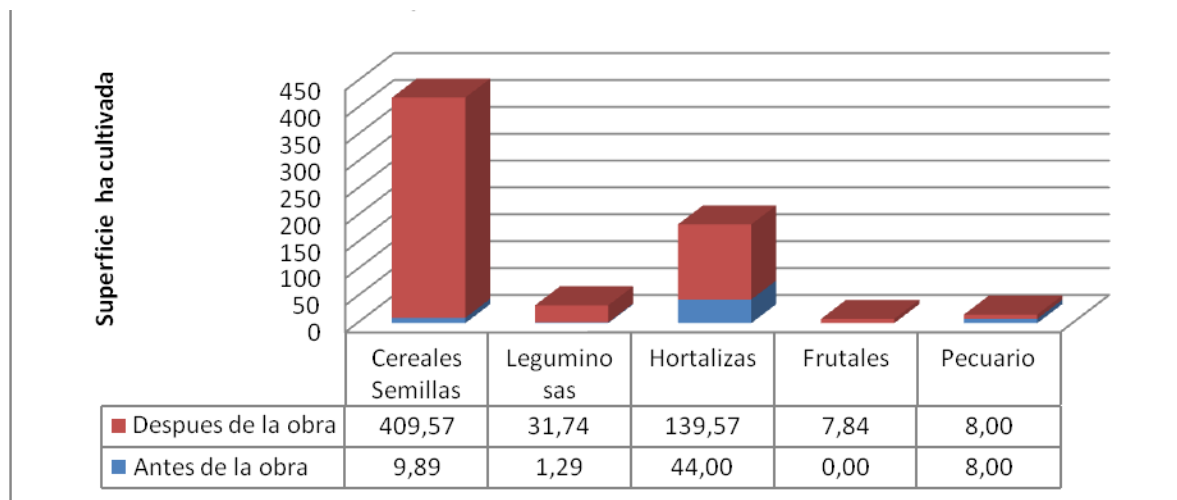
Leyenda

- | | |
|--|--|
| | |
| | |

Fuente Formato de la grilla INTI Aragua 2010.

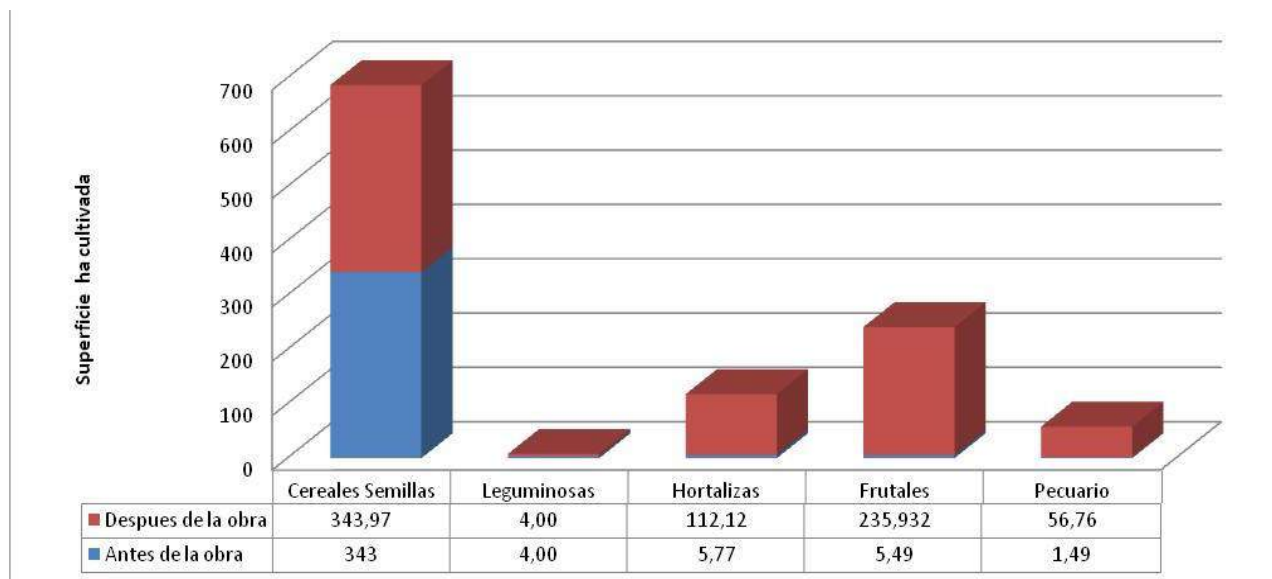
Figura 19. Mapa con detalle de distribución de las parcelas con incremento de superficie bajo riego en los territorios Taiguaiguay y Tucutunemo después de la construcción de la obra.

De igual modo en las Figuras 22 y 23 se puede observar como fue el incremento de la superficie cultivada y la superficie bajo riego en los sectores beneficiados por la primera Fase de la obra en el Valle de Tucutunemo, permitieron beneficiar en su totalidad la superficie de suelo regable que se encontraba privada de recursos hídricos para riego.



Fuente: cálculos propios

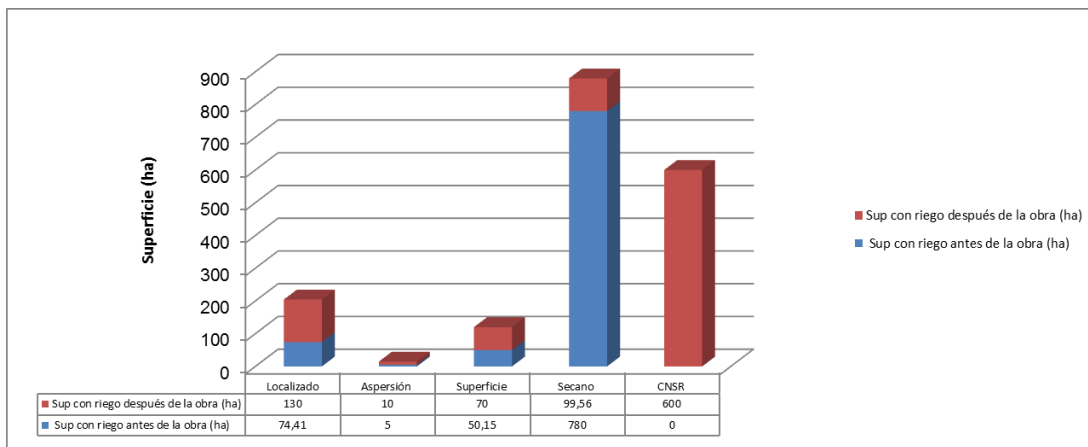
Figura 20. Incremento de la superficie cultivada (ha) en el valle de Tucutunemo sectores (el Ancón, la Lagunita y parte baja del Cortijo).



Fuente: cálculos propios

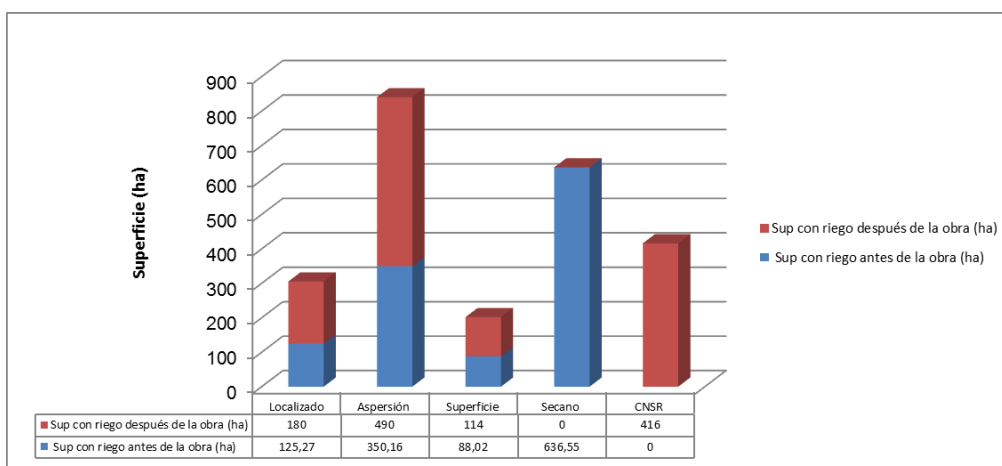
Figura 21. Incremento de la superficie cultivada (ha) en Taiguaiguay después de la construcción del sistema de distribución de agua para riego aprovechada del sistema trasvase.

De acuerdo con la información presentada en las figuras 22 y 23 se puede observar como antes de construcción y puesta en marcha de la obra, El Sector Tucutunemo, presentaba una superficie productiva total de 909.56 ha, de las cuales apenas 129.56 ha, correspondientes al 14.24% de la superficie, poseía sistemas de producción agrícolas basados en el uso de sistemas de riego presurizados o de superficie encontrándose así un 85.77% de la superficie empleada bajo el sistema de producción de secano, una vez puesta en marcha la obra el incremento de superficie con servicio de riego fue de 680.44 ha adicionales, lo cual representó un crecimiento de 84.00% en relación a la superficie con riego inicialmente registrada, Del mismo modo en el sector Taiguaiguay caracterizado por presentar una superficie productiva de 1200 ha presentaba antes de la ejecución de la primera fase de la obra una superficie bajo riego de 543.65 ha lo cual equivale al 46.95% de la superficie total considerada para el proyecto una vez puesta en marcha el funcionamiento del sistema de distribución instalado se lograron incorporar un adicional de 656.35 ha al servicio del sistema de riego que anteriormente eran manejadas bajo el sistema de secano, permitiendo ello incrementar en un 53.05 % la cantidad de superficie bajo riego inicialmente registrada,



Fuente: cálculos propios

Figura 22. Incremento de la superficie bajo riego en el valle de Tucutunemo Sectores (El Ancón, La Lagunita y Parte Baja del cortijo) después de la construcción del sistema de distribución de agua para riego aprovechada del sistema trasvase .



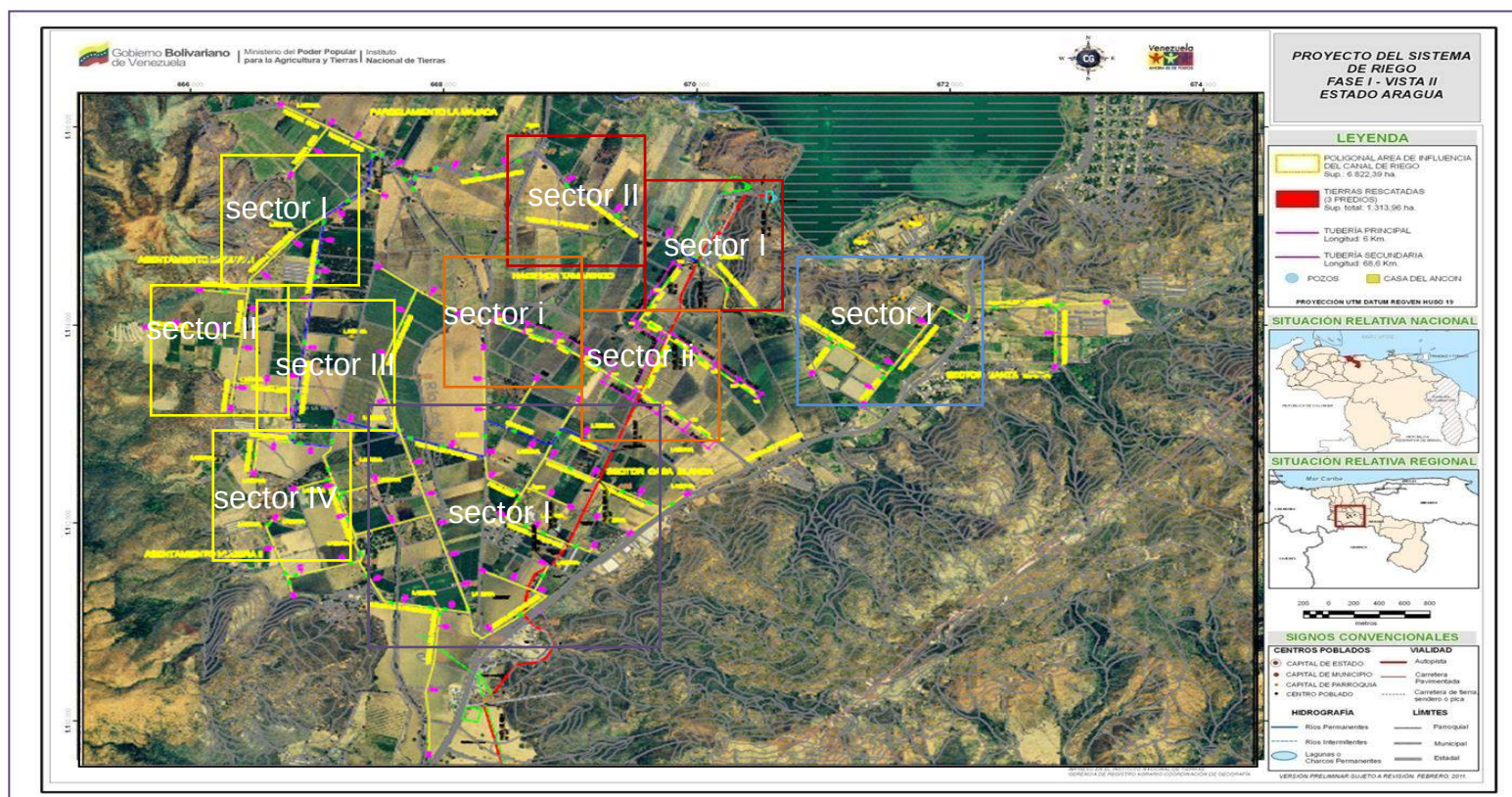
Fuente: cálculos propios

Figura 23. Incremento de la superficie bajo riego (ha) en Taiguaiguay después de la construcción del sistema de distribución de agua para riego aprovechada del sistema trasvase.

Evaluación del sistema de distribución de agua obtenida del sistema trasvase Taiguaiguay - Tucutunemo para su aprovechamiento en el riego de 1800 ha.

La evaluación del comportamiento hidráulico del Sistema en campo, (Figuras 24 y 25) de los sectores beneficiados por el sistema Taiguaiguay y Tucutunemo los cuales fueron divididos en 21 sub sectores a los fines de identificar

los diferentes sectores de la tubería que serían evaluados para la obtención de las pérdidas de carga generadas por el sistema, de este modo, los sectores quedaron identificados como se indica en el Cuadro N° 12, los cuadros empleados para el cálculo de los valores obtenidos en este cuadro general se pueden observar en el Anexo 02.

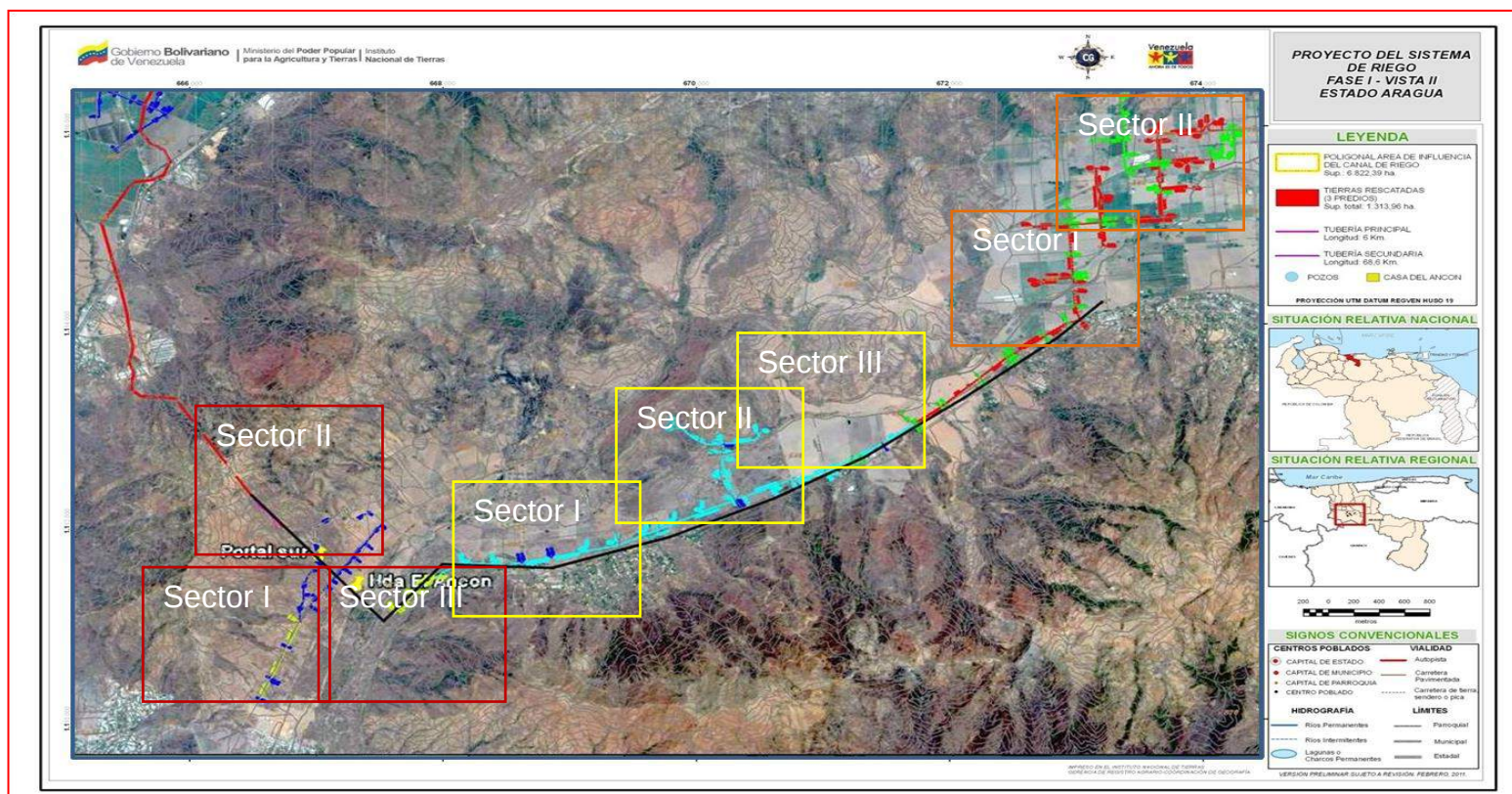


Leyenda

- Sector I y II asentamiento La Majada.
- Sector I asentamiento Casa Blanca
- Sector I asentamiento Santa María.
- Sector I - IV asentamiento Múcura I.
- Sector I y II Hacienda el Tamarindo Casa

Fuente: INTI Aragua 2010.

Figura 24. Mapa con detalle de distribución de los sectores seleccionados para el cálculo de las pérdidas de carga del sistema de tuberías (110-250) mm construido en el territorio Taiguaiguay para el desarrollo del proyecto de riego de 1200 ha.



Leyenda

- Sector I - III Predio El Ancón.
 Sector I - III Asentamiento la Lagunita
 Sector I y II Hacienda el Tamarindo Casa

Fuente: INTI Aragua 2010.

Figura 25. Mapa con detalle de distribución de los sectores seleccionados para el cálculo de las pérdidas de carga del sistema de tuberías (110-250) construido en el territorio Valle de Tucutunemo para el desarrollo del proyecto de riego de 600 ha en su etapa I.

Cuadro 10. Cuadro resumen de resultados obtenidos del cálculo de las pérdidas de carga realizado a los distintos sectores de la Tubería de acero carbono y P.E.A.D ubicadas en los territorios Taiguaiguay y Tucutunemo.

Territorio	Asentamiento	Tramo	Tipo de Tubería	Sector	Nº de válvulas	Accesorios y reducciones	Longitud de la tubería (m)	Hf (m/km)
Taiguaiguay	Taiguaiguay	1	Acero	Taiguaiguay	2	11	4200.00	229.40
	La Majada	2	P.E.A.D	Sector I	5	18	2876.00	26.70
		3	P.E.A.D	Sector II	5	19	1859.00	53.70
	Múcura I	4	P.E.A.D	Sector I	13	19	1500.00	34.70
		5	P.E.A.D	sector II	6	11	2509.00	27.80
		6	P.E.A.D	sector III	8	10	1709.00	44.60
	Múcura II	7	P.E.A.D	sector IV	7	11	1809.00	30.90
		8	P.E.A.D	Sector I	17	31	3809.00	32.20
		9	P.E.A.D	sector II	13	29	3209.00	70.30
	Hacienda	10	P.E.A.D	Sector I	7	18	2609.00	45.70
	Tamarindo	11	P.E.A.D	sector II	8	13	2150.00	40.20
	Casa Blanca	12	P.E.A.D	Sector I	19	38	6000.00	109.20
		13	P.E.A.D	sector II	50	81	3709.00	122.30
	Santa María	14	P.E.A.D	sector I	11	10	1800.00	31.50
Sub Total 01							39.748.00	776.90
Tucutunemo	Tucutunemo	1	Acero	Tucutunemo		3	5.012.10	26.70
	El Ancón	2	P.E.A.D	Sector I	15	25	2.328.46	42.20
		3	P.E.A.D	Sector II	18	36	3.309.00	62.50
		4	P.E.A.D	Sector III	19	26	3.309.00	56.80
	La Lagunita	5	P.E.A.D	Sector I	7	9	2.209.00	40.70
		6	P.E.A.D	Sector II	12	17	3.409.00	61.70
		7	P.E.A.D	Sector III	18	28	3.309.00	60.90
	El Cortijo parte baja	8	P.E.A.D	Sector I	17	24	2.100.00	39.60
		9	P.E.A.D	Sector II	31	57	3.100.00	60.60
Sub Total 02							28.085.56	451.70
							67.833.56	1.228.60

Fuente: Cálculos propios.

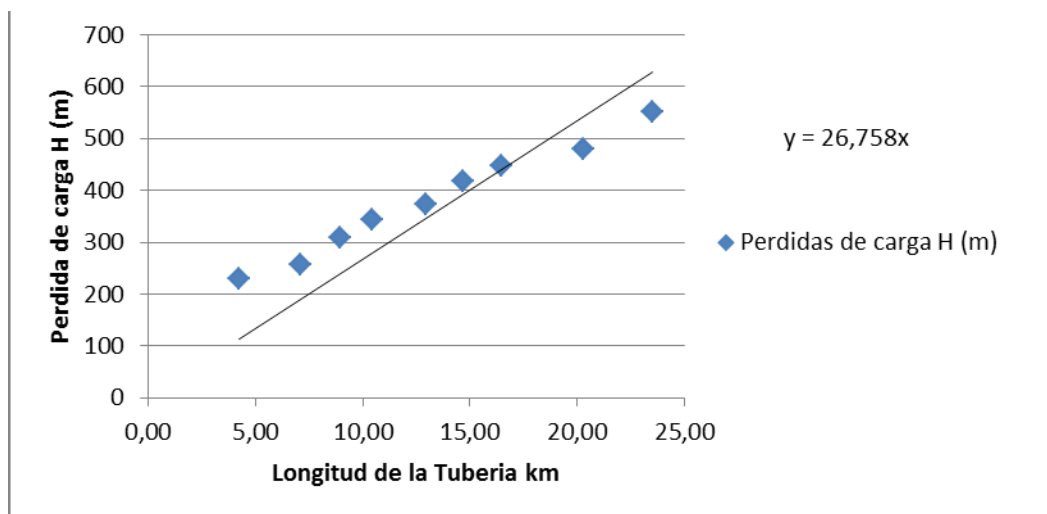
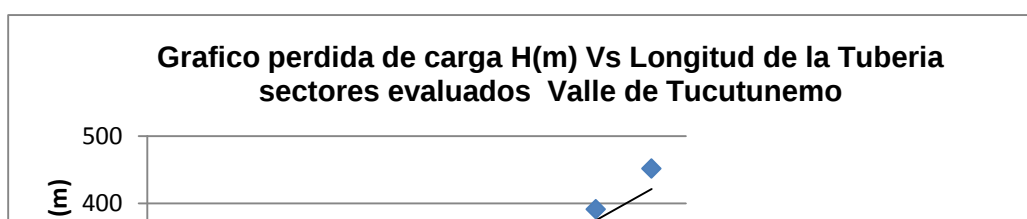


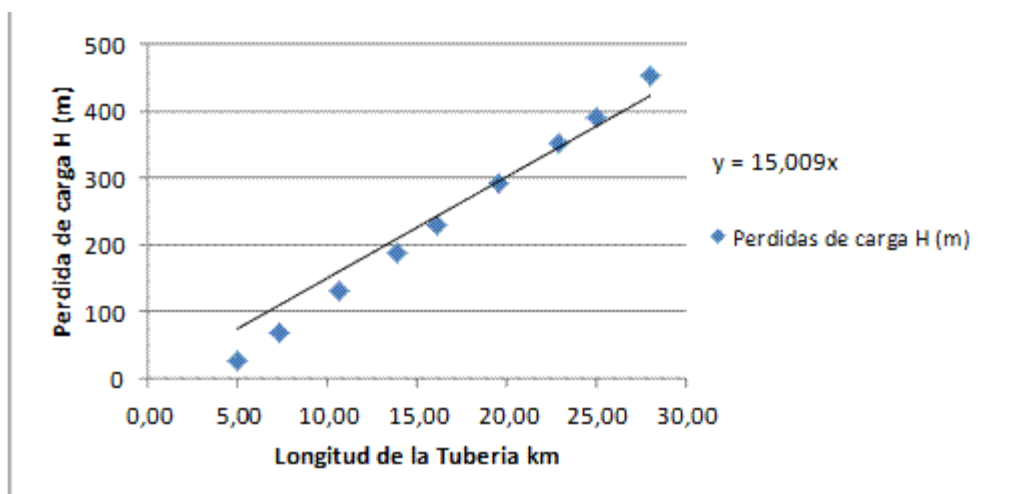
Figura 26. Resultados de la relación obtenida entre las pérdidas de carga calculadas y la longitud de la tubería considerada en el tramo para el cálculo teórico, zona Taiguaiguay

Cuadro 11. Longitudes (m) y perdidas de carga (m km-1) acumuladas calculadas en el territorio Taiguaiguay.

Tramo N°	Longitud (m) de la tubería acumulada	Hf (m/km)
1	4200	229.40
2	7076	256.10
3	8935	309.80
4	10435	344.50
5	12944	372.30
6	14653	416.90
7	16462	447.80
8	20271	480.00
9	23480	550.30
10	26089	596.00
11	28239	636.20
12	34239	745.40
13	37948	867.70
14	39748	899.20

Fuente: Cálculos propios.





Fuente: Cálculos propios.

Figura 27. Resultados de la relación obtenida entre las pérdidas de carga calculadas y la longitud de la tubería considerada en el tramo para el cálculo teórico. zona valles de Tucutunemo.

Cuadro 12. Longitudes (m) y pérdidas de carga (m/km) acumuladas calculadas en el territorio Tucutunemo.

Tramo N°	Longitud (m) de la tubería acumulada	Hf (m/km)
1	5.012.10	26.70
2	7.340.56	68.90
3	10.649.56	131.40
4	13.958.56	188.20
5	16.167.56	228.90
6	19.576.56	290.60
7	22.885.56	351.50
8	24.985.56	391.10
9	28.085.56	451.70

Fuente: Cálculos propios.

En las figuras 26 y 27, se presentan los gráficos obtenidos con base en la evaluación de los tramos de tubería P.E.A.D considerados para la valoración del funcionamiento del sistema de riego construido para los sectores Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo. en este sentido se obtuvo un comportamiento de dispersión de los datos con un comportamiento de tendencia lineal entre las variables evaluadas, las

cuales responden a longitud de las tuberías y perdidas de carga obtenidas mediante mediciones manométricas, ente sentido la perdida de carga acumulada presentada por los tramos evaluados en el sector Taiguaiguay representan un porcentaje de 2.26% en relación a la longitud total acumulada para los distintos tramos. De igual modo la valoración realizada a las líneas de tubería evaluadas en los sectores del Valle de Tucutunemo presentaron una variación de perdida de carga de 1.60% en relación a la longitud total de los tramos de tubería evaluados.

Estos resultados fueron comparados a los valores de pérdidas de carga situados en un rango de 1- 8 % reportado por Levi (1996) como índice normal de pérdidas de carga calculado con el uso de la ecuación de Hazen y Williams y con los valores señalados por ACIPCO (2003), que mediante el uso de la ecuación antes citada, define como volares normales de pérdida de carga una relación de 31.2 m/km de tubería de acero con diámetros iguales o superiores a 48 pulgadas, caudales de 3000 L.s⁻¹ y velocidad promedio del flujo de 2.54 m.s⁻¹ (Anexo 03) lo cual para efectos de un tramo de 1 km representa una pérdida de carga de 1 - 3 % como índices normales para perdidas de carga en tubería de acero, mientras que para el caso de tuberías P.E.A.D el índice reportado es de 2.6 m/Km de tubería lo cual representa un 2.6 % de pérdidas de carga en relación con los diámetros iguales o superiores a los empleados en las tuberías usadas en el proyecto bajo condiciones normales.

Al comparar los resultados obtenidos mediante la aplicación de las fórmulas de Hazen y Williams con los establecido por los diferentes autores citados en el párrafo anterior se puede observar que la red de distribución evaluada presenta un porcentaje de pérdidas de carga que se encuentran en un 2.26% y 1.60% por encima del valor considerado aceptable, sin embargo es de señalar, que la evaluación se está realizando para la situación de un sistema totalmente abierto a los usuarios y con un número de descargas mediante válvulas de compuerta superior a los empleados normalmente en los sistemas tradicionales, En el Cuadro 14 se presenta un resumen de los resultados obtenidos mediante la aplicación de las ecuaciones seleccionadas para el estudio.

Cuadro 13. Resumen de resultados obtenidos para el cálculo de las pérdidas de carga mediante la aplicación de las ecuaciones de Hazen y Willians y Darcy - Weisbach.

Sector	Tipo de tubería	Longitud de la tubería (m)	% Perdida de carga Calculado	% Perdida de carga sugerido Levi (1996)	% Perdida de carga sugerido por (Valtic. S. A. de C. V. (2009))
Taiguaiguay	Acero Carbono	4.200.00	3.63	1 - 6	1.0 - 3.0
	PEAD	35.548.57	2.43	3 - 8	1.0 - 2.6
	Total	39.748.57	6.06		
Tucutunemo	Acero Carbono	5.012.10	1.20	1 - 6	1.0 - 3.0
	PEAD	23.073.46	1.41	3 - 8	1.0 - 2.6
	Total	28.085.56	2.61		

Fuente: Cálculos propios.

Adicionalmente a este procedimiento de cálculo, se procedió con la aplicación del teorema de Bernoulli propuesto por Mott (1996), a los fines de establecer una pérdida de carga total para la tubería de Acero Carbono; considerando para ello los desniveles del terreno que debe vencer la carga del agua para su conducción hasta el punto de servicio de riego, para el caso del trasvase en el sector Taiguaiguay hasta su lugar de descarga e incorporación en el sector Tucutunemo (Cuadro 15).

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_p \dots \dots (1)$$

$$h_p = h_{fp} + h_{fs} \dots \dots (2)$$

Cuadro 14. Longitudes (m) y perdidas de carga (m) total calculadas para la tubería acero carbono considerando los tramos de tubería P.E.A.D Ø (110 -250) mm incorporados a la red en el sector Taiguaiguay.

Sector	Perdidas de carga en (m) causadas por la longitud de la tubería acero carbono y accesorios.	Perdidas de carga en (m) causadas por desnivel del terreno	Altura (m) de succión	Perdida de carga Total (m)
Taiguaiguay	576.66	212.00	10.00	798.66
Tucutunemo	441.24	231.00	0.00	627.24

Dado que la ecuación de Bernoulli considera para su desarrollo la aplicación de las pérdidas de cargas causadas por los accesorios y cambios de dirección de la tubería, así como las pérdidas causadas para este caso por el sistemas de distribución secundario de tuberías P.E.A.D de Ø (110 - 250) mm considerado. las pérdidas de carga total que serán consideradas para el cálculo de la potencia de bombeo requerido para el impulso del fluido desde Taiguaiguay hasta el punto de descarga en Tucutunemo será igual al resultado expresado en el Cuadro 16.

Cuadro 15. Calculo de pérdidas de carga de la tubería acero carbono con la aplicación de la ecuación de Bernoulli

Sector	Perdidas de carga en (m) causadas por la longitud de la tubería acero carbono y accesorios.	Perdidas de carga en (m) generadas por la red de tubería P.E.A.D	Perdida de carga Total (m)
Taiguaiguay	229.40	692.220	715.160
Tucutunemo	26.70	210.230	212.900

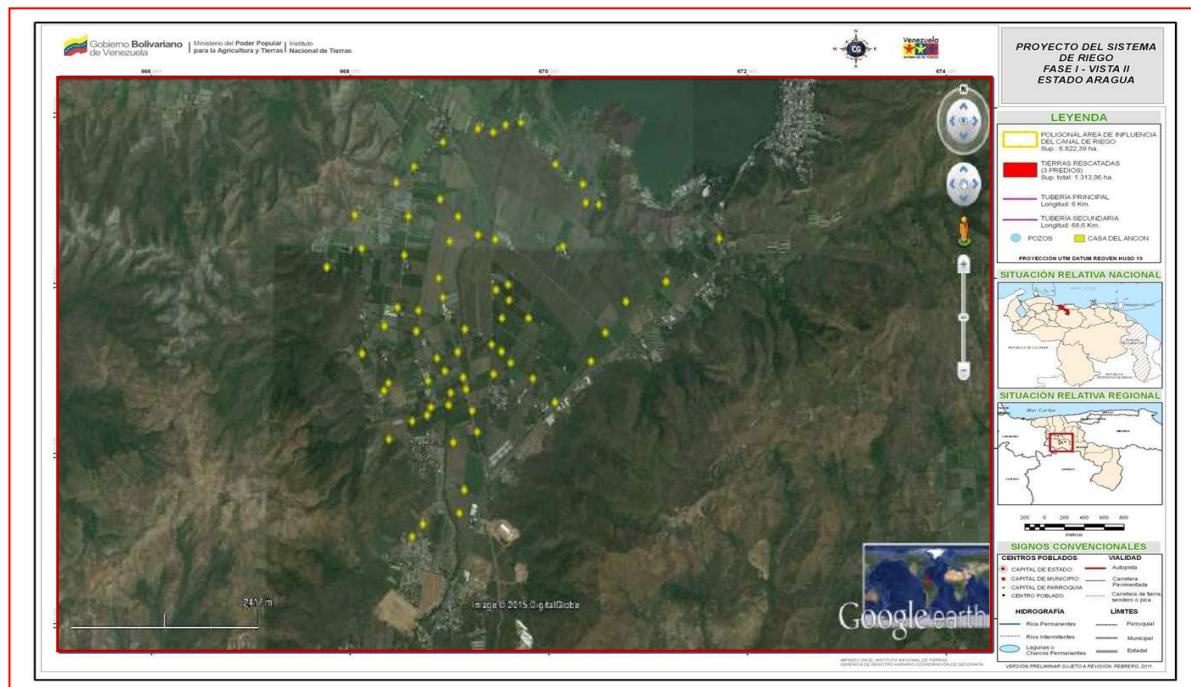
Considerando un caudal de diseño de 3000 L.s^{-1} que posee la tubería construida para el trasvase Taiguaiguay – Tucutunemo. los requerimientos de potencia del sistema, considerando para ello las pérdidas de carga calculadas con la aducción de la red de tuberías PEAD al sistema principal, de esta forma se emplea la fórmula de cálculo de potencia sugerida por Mott (1996) señalado con la Ecuación 13. El resultado obtenido es de 11673.92 Hp lo cual sobrepasa la capacidad instalada del sistema (11250 Hp) obtenida con el funcionamiento de 5 motores de 2250 Hp que accionan las bombas verticales que actualmente existen en la planta de bombeo Taiguaiguay, sin embargo es necesario recordar que dicha planta fue diseñada para la evacuación de 3000 L.s^{-1} los cuales debían vencer una pérdida de carga de 229.60 m para llevar el agua hasta la cota 698 msnm ubicada en Tucutunemo para desde allí ser descargado dicho caudal por gravedad hasta la cuenca del rio Tucutunemo para su transporte final a la cuenca del rio Guárico, en este sentido la necesidad de generación de potencia que requería la obra era de 517.00 Hp para el transporte del agua, motivo por el cual son instaladas 5 bombas a los fines de su activación de forma alterna de 02 de ellas, quedando así una bomba para ser activada durante las labores de mantenimiento o ciclos de emergencia que se pudieran presentar por aumentos progresivos en el vaso del embalse Taiguaiguay.

A los fines de comprobar los resultados obtenidos mediante la aplicación de los procedimientos de cálculo anteriormente expuestos y en vista de que solo existen tres puntos de control y supervisión para la variación de presión del sistema los cuales se

encuentran ubicados solo en el territorio Taiguaiguay, se procedió a realizar un muestreo aleatorio simple sobre el número poblacional de puntos de descarga ubicados en el sistema de distribución primario en los Territorio Taiguaiguay y Tucutunemo, a los fines de confirmar mediante la ecuación de descarga de caudal si las variaciones de presión registradas corresponden con los valores teóricos obtenidos mediante cálculos realizados con el uso del modelo teórico expresado por la Ecuación 14, en este sentido mediante la instalación de contadores volumétricos (Figura 28) instalados en cada una de las válvulas seleccionadas para su evaluación, se logró registrar el caudal (m^3h^{-1}) que circuló en las tuberías durante el tiempo de una hora, el cual fue relacionado mediante la Ecuación 14 para la obtención de la variación de presión, Los resultados obtenidos de las pérdidas de carga en las válvulas seleccionadas se muestran en el anexo 25.1 y 25.2. En las Figuras 29 y 30 se pueden observar dos mapas con la distribución de las válvulas seleccionadas para el muestreo en los territorios Taiguaiguay y Tucutunemo.



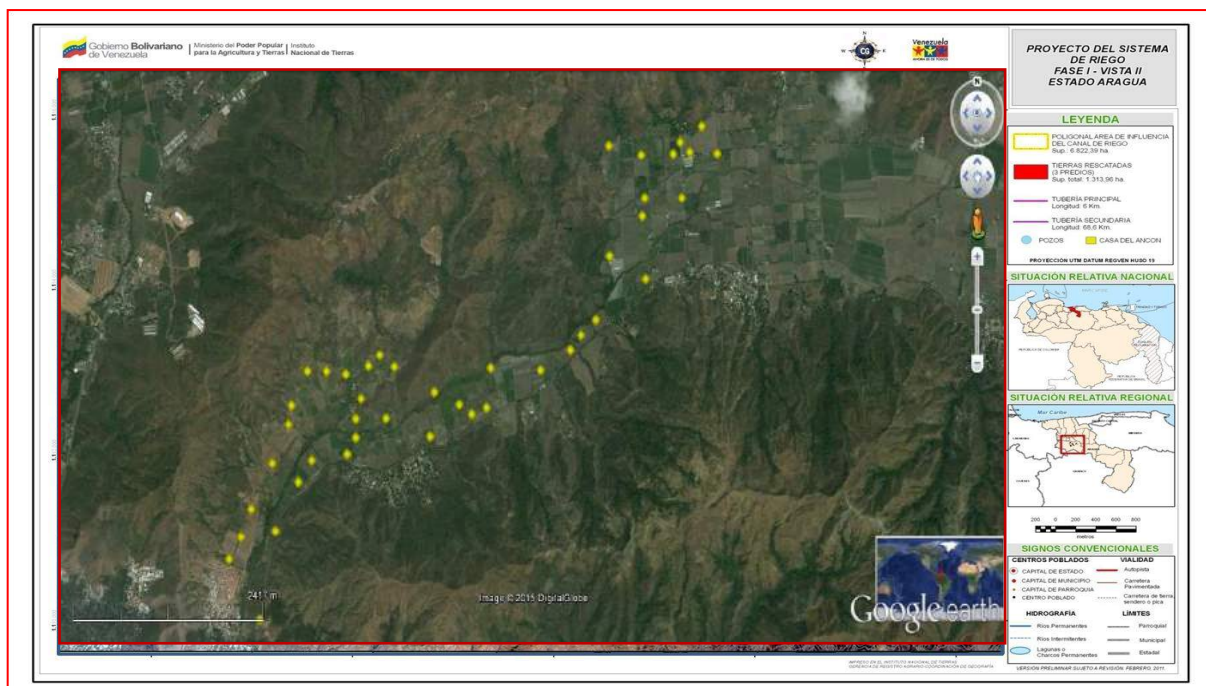
Figura 28. Vista de contador volumétrico instalado y caudal registrado durante la ejecución de la prueba de medición.



Leyenda

- Puntos de muestreo de caudal

Figura 29. Mapa con detalle de distribución de los puntos seleccionados para el muestreo de caudal en los sectores que conforman el territorio Taiguaguay.



Leyenda

- Puntos de muestreo de caudal

Figura 30. Mapa con detalle de distribución de los puntos seleccionados para el muestreo de caudal en los sectores que conforman el territorio Tucutunemo.

Con la finalidad de evaluar los resultados obtenidos del aforo del agua en los diferentes puntos, se procedió a realizar una comparación de los registros de esta variable con los valores relacionados a las características de los elementos climáticos presentes en las distintas zonas bajo estudio, de igual modo los valores de caudal antes mencionados fueron comparados con las demandas hídricas requeridas por los cultivos en producción durante las inspecciones realizadas para la ejecución de este trabajo.

A continuación se presenta un grupo de datos referentes a los registros estadísticos de los elementos meteorológicos que caracterizan el clima del área, para lo cual se parte de los datos obtenidos en las estaciones del Cortijo y Taiguaiguay, ambas ubicadas dentro del área de estudio del Municipio Zamora, de igual modo se consideraron para dicho estudio los datos obtenidos de las estaciones Santa Cruz del Municipio José Ángel Lamas ubicada a 14 Km de distancia lineal del sector el Cortijo y la estación Base Sucre Ubicada en el Municipio Girardot a 22 km lineales de las áreas bajo estudio, dado que esta última es la única estación que posee datos relacionados con la dirección del viento, cabe destacar que los registros históricos de clima fueron suministrados por el Sistema Nacional de Información Hidrológica y Meteorológica (SINAIHNME) de la dirección de Hidrología y Meteorología del MARN-DGAS cubriendo diferentes lapsos para cada parámetro (datos desbalanceados), no obstante, estos se consideran suficientes y representativos para realizar dicha caracterización, En este sentido para el desarrollo de los gráficos representativos del comportamiento de las diferentes variables climáticas analizadas se tomó en cuenta la estación el Cortijo debido que la misma presentaba una mayor amplitud y registro de datos de todas las variables climáticas consideradas, El Cuadro 16 presenta un resumen de las características más relevantes de cada una de las estaciones consideradas para la obtención y análisis de los datos.

Cuadro 16. Parámetros climáticos de cada estación utilizados en el estudio.

Estación	Organismo	Coordenadas	Tipo	Serial (N°)	Altitud (msnm)	Parámetros	Años de registro
Base aérea Sucre Mun Girardot	(SINAI HNME)	Latitud (10°25'600'') Longitud (67°55'00'')	C1	1210	466	*Dirección del viento. *Velocidad del viento.	2000 - 2011(11 años)
Taiguaiguay (Mun. Zamora)	(SINAI HNME)	Latitud (10°14'60'') Longitud (67°49'00'')	C1	1949	408	Temperatura máx. *Temperatura med. *Temperatura mín. (medias) Velocidad del viento 0.65 m *Precipitación *Evaporación	1954 al 94 (6 años) 1954 al 94 (6 años) 1954 al 94 (5 años) 1954 al 94 (8 años) 1954 al 94 (49años) 1954 al 94 (43años)
El Cortijo Valle del Tucutunemo Mun. Zamora)	MARN	Latitud (10°04'53'') Longitud (67°25'05'')	C2	9350	490	* Temperatura máx. *Temperatura med. *Temperatura mín. (medias) *Precipitación *Evaporación *Humedad rel. máx. *Humedad rel. med. *Humedad rel. min. (medias)	1971 al 91 (15 años) 1971 al 93 (15 años) 1971 al 91 (14 años) 1971 al 99 (26 años) 1971 al 91 (17 años) 1971 al 91 (13 años) 1971 al 93 (15 años) 1971 al 91 (12 años)
Santa Cruz Mun. Lamas	MARN	Latitud (10°10'00'') Longitud (67°29'15'')	C1	0417	444	*Radiación media * Insolación máx. *Insolación med. *Insolación min. *Veloc. Media del viento. *Dirección del viento *Nubosidad med.	1966 al 96 (30 años) 1966 al 91 (26 años) 1966 al 94 (28 años) 1966 al 91 (26 años) 1966 al 86 (21 años) (No obtenido) 1966 al 86 (21 años)

Fuente: Elaboración propia.

Temperatura. La temperatura en el caso de la de la estación Taiguaiguay alcanza su máximo valor en el mes de abril con 33.18 °C mientras que en el sector el Cortijo alcanza su máximo valor durante el mes de marzo (31.8 °C), por otra parte en relación a los valores mínimos para la estación Taiguaiguay es en el mes de diciembre de 15.50°C, no obstante en la estación el Cortijo el mínimo valor en el mes de enero es de 18.4 °C, mientras que la temperatura media asume un valor de 20.11°C en el territorio Taiguaiguay variando a lo largo del año entre 31.18°C y 17.73°C existiendo una amplitud térmica diaria de 13.45°C entre el promedio del mes más frio y el más caliente, mientras que en el Valle de Tucutunemo la temperatura media es de 25.1 °C, variando a lo largo del año entre 24 °C (abril), y 26.7 °C (agosto), existiendo una amplitud térmica anual de 2.7 °C. Por otra parte la diferencia entre temperatura máxima y mínima mensual es mayor en el mes de marzo 12.4 °C. y menor en el mes de junio 9.1 °C. (Cuadro 17 y Figura 31)

Cuadro 17. Registro de temperaturas (1971-1993). estación meteorológica el Cortijo

Mes	Tmáx. (°C) (1971-91)	Tmedia (°C) (1971-93)	Tmin. (°C) (1971-91)	Amplitud Térmica Diaria (°C)
E	29.6	24.9	18.4	11.2
F	31.0	25.6	18.7	12.3
M	31.8	25.8	19.4	12.4
A	31.7	26.7	20.2	11.5
M	30.3	25.6	20.5	9.8
J	29.2	25.3	20.1	9.1
J	29.0	24.1	19.5	9.5
A	29.1	24	18.9	10.2
S	29.9	24.9	19.7	10.2
O	30.1	25.3	19.5	10.6
N	29.9	24.7	18.5	11.4
D	29.3	24.5	19	10.3
Total	31.1	25.1	19.4	-

Fuente: MARN- El Cortijo. Estado Aragua. 1971-1993.

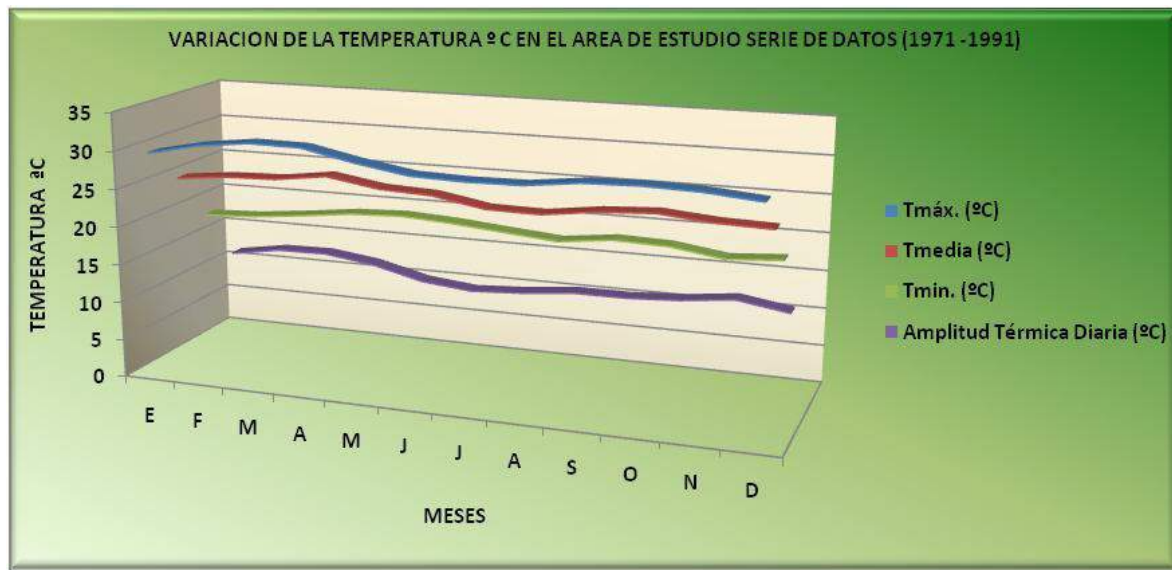


Figura 31. Distribución de la temperatura a lo largo del año con datos provenientes de la estación meteorológica el Cortijo..

Precipitación y Evaporación. El área presenta una precipitación anual de 915.94 mm para el territorio Taiguaiguay y 942.4 mm para el Valle de Tucutunemo y un valor promedio anual de evaporación de 2410.65 mm para Taiguaiguay y 2229.5 mm. para el Valle de Tucutunemo mostrando un promedio de 2.6 mm para enero. y 152.4 mm en agosto. Su distribución media mensual señala que la zona tiene un régimen unimodal. con un período lluvioso estacional de 6 meses: mayo-octubre, En cuanto a la duración de las lluvias son de corta duración, por lo que las precipitaciones son de intensidad fuerte, considerándose algunas de ellas como erosivas, La evaporación registra su mayor valor en el mes de marzo 256.2 mm. y el menor en el mes de agosto 154 mm.. (Cuadro 18 y Figura 32).

Cuadro 18. Registro de precipitaciones y evaporación en estación meteorológica el Cortijo

Meses	Parámetros	
	Precipitación (mm m ⁻¹)	Evaporación (mm m ⁻¹)
	(1971-1999)	(1971-1999)
E	2.60	198.6
F	3.90	216.7
M	11.9	256.2
A	55.3	217.2
M	129.2	180.5
J	137.0	158.6
J	127.6	163.3
A	152.4	154.0
S	152.1	161.1
O	107.8	171.2
N	47.6	167.8
D	15.1	183.9
Total		
Anual	942.4	2229.5

Fuente: MARN- El Cortijo. Estado Aragua. 1971-1999 y 1971-1991..

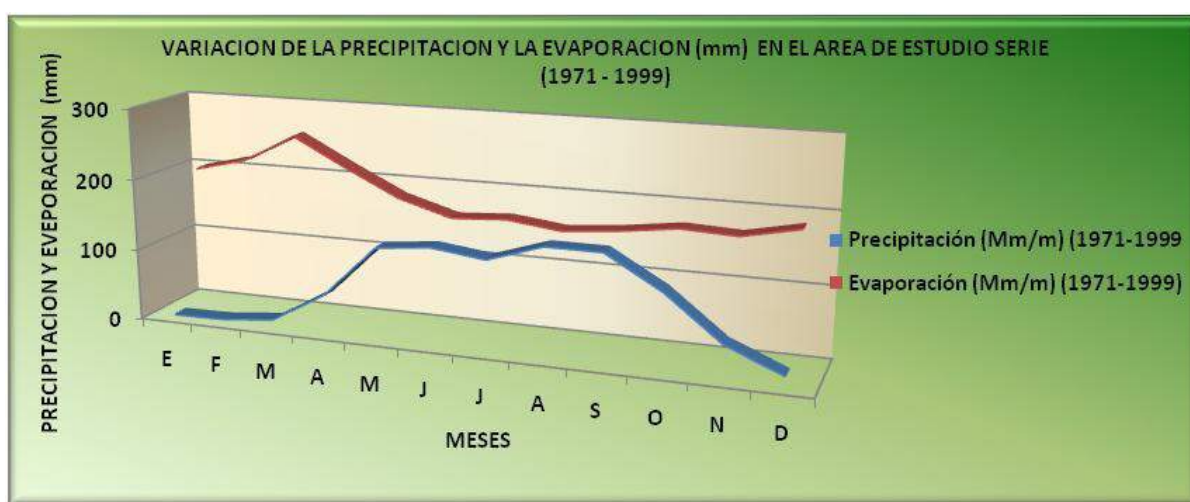


Figura 32. Precipitación y evaporación promedio mensual estación meteorológica el Cortijo.

Húmedad relativa. De los datos de húmedad máxima, media y mínima media, se concluye que la húmedad relativa máxima media alcanza el 96% en los meses de agosto, septiembre y octubre, en los 15 años de registro (1971-1993, 15 años), la húmedad relativa media total anual de todo el registro se ubica en 71% asumiendo su menor y mayor valor en los meses de marzo (62%), y agosto (77%), respectivamente, La húmedad relativa mínima mensual del área se ubica en 37% en el mes de febrero, (Cuadro 19 y Figura 33).

Cuadro 19. Registro de datos de humedad relativa máxima. minima y media en la estación meteorológica el Cortijo.

Mes	Humedad Máx.(%) (1971-91)	Humedad Media(%) (1971-93)	Humedad Mín. (%) (1971-91)
E	88	65	38
F	90	63	37
M	83	62	40
A	88	65	41
M	92	73	46
J	95	75	49
J	95	75	51
A	96	77	50
S	96	76	48
O	96	76	46
N	94	73	44
D	92	69	43
Media	92	71	44

Fuente: (MARN- El Cortijo. Estado Aragua. 1971-1991 y 1971-1993

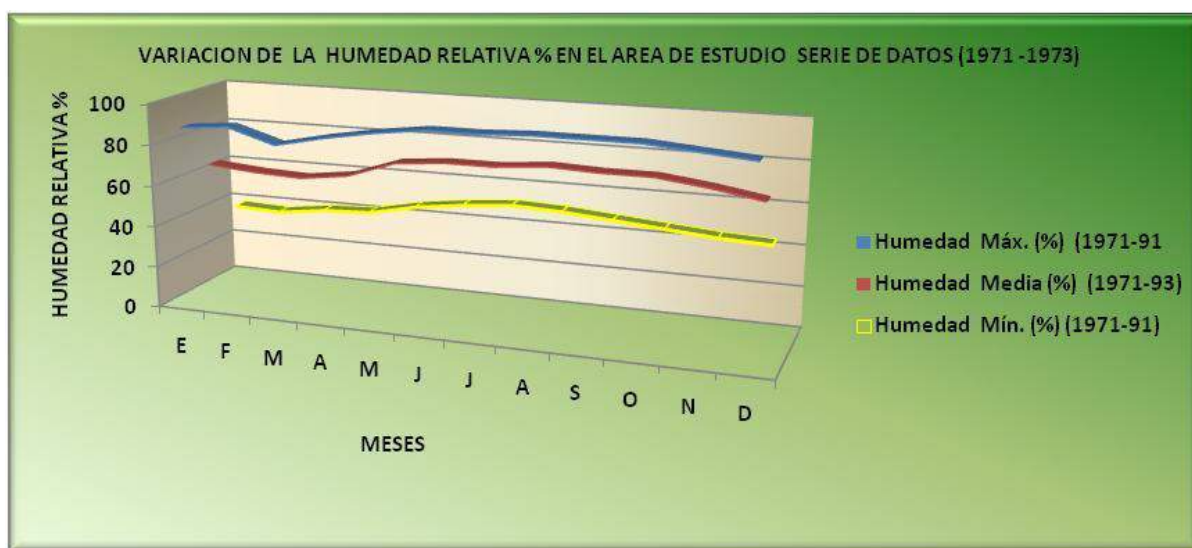


Figura 33. Distribución de la humedad relativa a lo largo del año. Estación meteorológica el Cortijo.

Insolación y nubosidad. El valor máximo de insolación ocurre en el mes de junio 12 h, el valor medio total anual se ubica en 7.3 h; y el menor valor en el mes de junio con 6.1 h; y el mayor valor en febrero 8.8 h (Figura 34). Además los valores más altos de insolación se registran cuando los de nubosidad son menores (meses de diciembre-marzo: 4 octavos), ya que los máximos se registran entre mayo-julio (6 octavos), el resto de los meses coinciden con el valor promedio (5 octavos), Los mayores valores del parámetro corresponden a los meses de mayor precipitación mayo-octubre, prolongándose además un mes antes (abril), y uno después (noviembre). período pre y post lluvioso

Velocidad del viento. Los valores de velocidad media del viento toman una media anual de 5.93 m.s^{-1} para el territorio Taiguaiguay mientras que el territorio Tucutunemo es de 2.22 m.s^{-1} . observándose los mayores valores de todo el año entre los meses de diciembre-abril, donde el mes de marzo presenta el máximo valor (3.62 m.s^{-1}) para Taiguaiguay, no obstante (3.31 m.s^{-1}) para Tucutunemo, ya que el viento en este momento del año está seco, ha perdido su humedad, Los mínimos valores se sitúan entre los meses de mayo-noviembre, aspecto que coincide con el período lluvioso en la

zona, El mínimo valor se sitúa en el mes de septiembre (1.47 m.s^{-1}) (Cuadro 20 y Figura 35).

Cuadro 20. Registros de datos de insolación. nubosidad y velocidad del viento en estación meteorológica el Cortijo.

Parámetros	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Insolación media (H) (1966-1994)	8.7	8.8	8.6	6.7	6.3	6.1	6.6	6.6	6.8	6.9	7.4	8.1	7.3
Nubosidad med (octavos) (1966-1986) (no graficada)	4.0	4.0	4.0	5.0	6.0	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0
Vel. Del viento (m/s) (1966-1986)	2.94	3.14	3.31	2.64	2.11	1.97	1.83	1.64	1.47	1.58	1.61	2.36	2.22

Fuente: (MARN- Santa Cruz. Estado Aragua 1966 -1994.

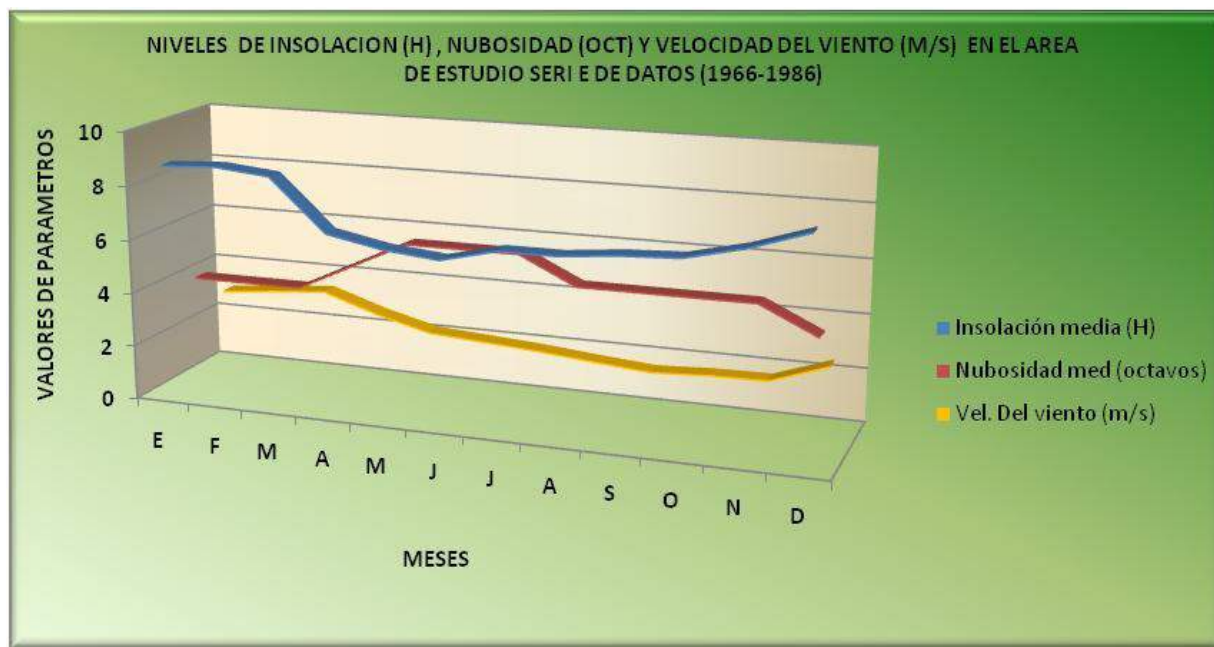


Figura 34. Distribución de la insolación y velocidad del viento a lo largo del año en estación meteorológica el Cortijo.

Dirección del viento.

Cuadro 21. Distribución de la dirección del viento (grados de variación con respecto a la dirección Norte. estación base aérea Sucre.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
2000	340	340	340	340	250	160	270	90	90	90	90	90	208
2001	90	90	160	340	160	200	70	70	70	90	90	90	127
2002	340	340	340	340	160	160	160	90	90	90	160	90	197
2003	90	340	340	360	140	90	90	90	90	90	90	90	158
2004	340	340	340	340	--	160	160	90	90	90	160	90	200
2005	20	20	20	360	360	360	360	360	110	360	20	20	198
2006	340	340	360	340	50	360	20	360	50	360	360	360	275
2007	290	310	270	140	90	140	110	90	110	270	290	110	185
2008	290	290	290	290	200	360	---	360	360	360	20	290	283
2009	290	290	290	300	360	360	350	360	360	350	360	360	336
2011	360	290	290	60	360	360	360	20	20	20	20	360	210

Fuente: Estación base aérea sucre.

Como se puede observar en el gráfico de la Figura 35 mediante los datos obtenidos de la estación climatológica Base Sucre de la serie 2000 - 2011 y considerando que los vientos entran al territorio nacional a través de la frontera norte del mismo, se puede observar cómo se presenta una predominancia en la dirección del viento marcado en sentido N-W.

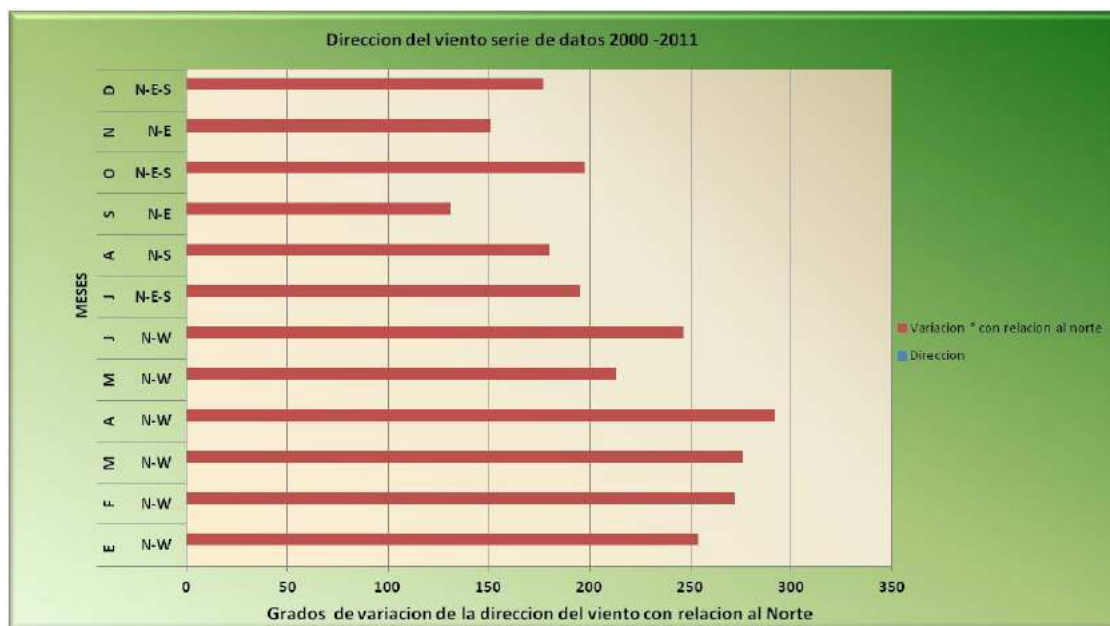


Figura 35. Distribución de la dirección del viento en el año estación meteorológica Base Sucre

Radiación

Balance energético radiante. La radiación neta (R_n), es positiva, ya que durante todo el año se recibe más o menos la misma cantidad de energía (cuasi constante), con sus excepciones los días muy nublados, En el día R_n es positiva y en la noche negativa, arrojando un balance energético positivo (+), ya que la cantidad de radiación de onda corta (R_{nc}), se excede sobradamente a las pérdidas por albedo y emisión. Es así como mayor valor de R_n lo muestra el mes de marzo ($9.99 \text{ Mj.m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$). ya que en este mes la escasa nubosidad y el suelo está seco genera un calentamiento edáfico y el flujo energético hacia el aire (calentamiento del aire) es mayor que en los meses lluviosos, a consecuencia de esto la superficie del suelo experimenta un enfriamiento evaporativo que ocasiona la disminución de la temperatura del suelo (transferencia de calor sensible desde la superficie del suelo al aire por convección) (Cuadro 22 y Figura 36).

Cuadro 22. Registro de datos de radiación.

Meses	Radiación ($\text{Mj/m}^2\cdot\text{d}$) (1966-1996)	R_g ($\text{Mj m}^2\cdot\text{d}$)	R_{nc} ($\text{Mj m}^2\cdot\text{d}$)	R_{nl} ($\text{Mj m}^2\cdot\text{d}$)	R_n ($\text{Mj m}^2\cdot\text{d}$)
E	17.15	16.43	12.65	-4.65	8.0
F	18.74	18.03	13.88	-4.55	9.33
M	20.11	.58	14.31	-4.32	9.99
A	18.23	14.42	11.1	-3.29	7.81
M	17.48	13.32	10.26	-2.95	7.31
J	17.06	12.72	9.79	-2.82	6.97
J	17.61	14.14	10.89	-3.03	7.86
A	17.77	14.4	11.09	-3.12	7.97
S	17.77	14.63	11.27	-3.21	8.06
O	16.81	13.97	10.76	-3.38	7.38
N	15.85	14.04	10.81	-3.8	7.01
D	16.14	14.88	11.46	-4.16	7.3
E	17.15	16.43	12.65	-4.65	8.0

Fuente: Elaboración propia

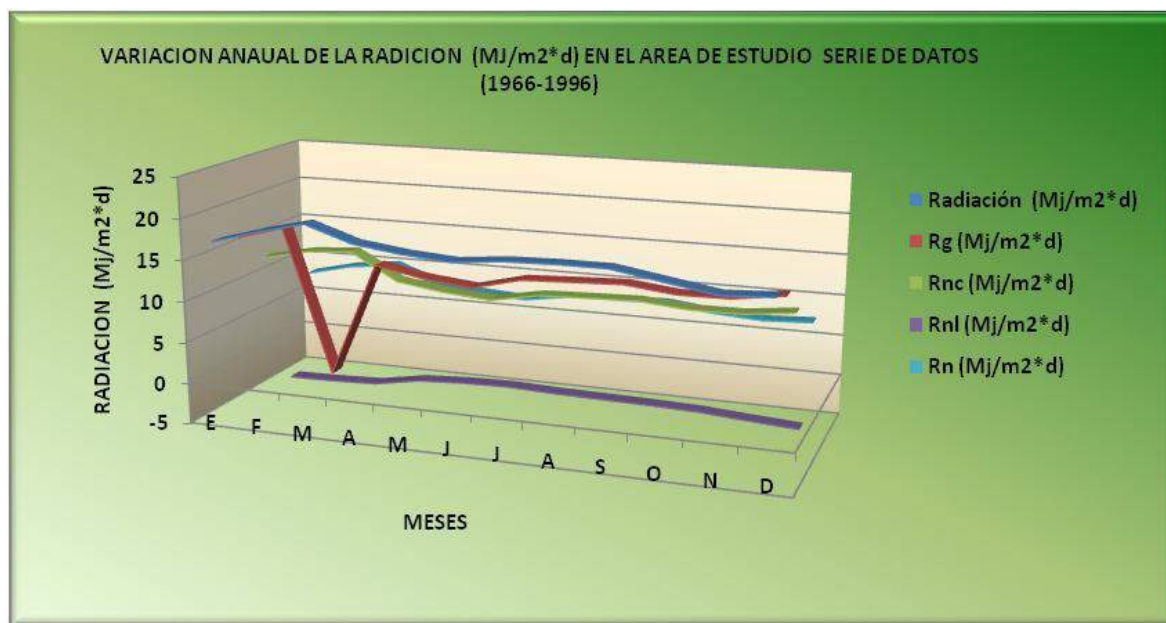


Figura 36. Balance energético radiante. con datos de estación meteorológica el Cortijo.

Evapotranspiración Potencial (ET_o). (Penman-montheith), Las mayores demandas de agua se experimentan entre los meses de diciembre-abril, mostrando el mes de marzo el máximo valor (158.92 mm), en este mes también la radiación neta es la mayor del año (9.99 $\text{Mj.m}^{-2} \cdot \text{día}^{-1}$), contribuyendo a la mayor velocidad del viento; por ello el valor de la humedad relativa en este mes es la más baja del año (Hr med. 62 %), Entre los meses de mayo-noviembre la ET_o, asume valores bajos ya que a partir del mes de abril comienza a descender la velocidad del viento y la humedad relativa, Los mayores valores del componente aerodinámico (Aero), a lo largo del año, coincide con los meses donde es mayor la velocidad del viento (diciembre-marzo), destacando el mes de marzo (3.06 mm.día^{-1}). en este mes el suelo está seco y no posee agua para evaporar.

Con respecto al componente radioactivo (Erad), registra un crecimiento ascendente desde el mes de enero a marzo, donde alcanza su máximo valor (2.43 mm.d^{-1}). donde la humedad relativa adquiere su mínimo valor (Hrmed. 62 %), mes que representa para este lugar el final de la época seca, (Cuadro 23)

Cuadro 23. Valores de evapotranspiración obtenidos de la ecuación de Penman-Montheith.

PARÁMETROS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Prec.(mm)	2.6	3.9	11.9	55.3	129.2	137	127.6	152.4	152.1	107.8	47.6	15.1
Evap..(mm)	1986	2167	2562	217.2	180.5	158.6	163.3	154	161.4	171.2	168	183.9
Erad.(mm.día ⁻¹)	1.95	2.24	2.43	2.02	1.89	1.82	2.03	2.09	2.18	1.98	1.88	1.82
Eaero(mm.día ⁻¹)	2.54	2.88	3.06	2.34	1.72	1.4	1.3	1.21	1.13	1.27	1.35	1.93
ETo.(mm.día ⁻¹)	4.49	5.12	5.48	4.36	3.61	3.22	3.33	3.3	3.32	3.25	3.23	3.75
ETo.(mm)	139.2	143.4	158.9	130.8	111.91	96.6	103.2	99	99.6	100.8	93.7	16.3

Fuente: Elaboración propia

Balance hídrico. Para efectuar el balance hídrico de los suelos de esta zona se tomó como referencia un suelo de textura media de 1 m de profundidad, en el cual se puede almacenar una lámina máxima de 100 mm, aplicando a las mediciones de evaporación un coeficiente de tina de 0.80 (Cuadro 24); de lo cual se concluye que, en la zona existen 5 meses húmedos (junio-octubre), en los cuales se recarga el agua del suelo; la cantidad de lámina de lluvia caída no iguala, ni supera la capacidad de almacenamiento del suelo, no existiendo excedentes, presentando un déficit anual de 841.24 mm. Esta situación explica la presencia de cultivos tales como maíz, sorgo y caraota, principalmente, ya que son rubros cuyos ciclos se adaptan a los meses húmedos disponibles.

Cuadro 24. Balance Hídrico general con datos de Estación Meteorológica el Cortijo.

PARÁMETROS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Precipitación (mm.m ⁻¹)	2.8	3.9	11.9	55.3	129.2	137	128	152.4	152.1	107.8	47.6	15.1	942.4
Eto-tina (mm.m ⁻¹)	159.0 3	173.32	204.7	173.7	144.46	127	131	123	129	137	134.3	146.94	1.783.20
Almacenamiento (mm.m ⁻¹)	0.0	0.0	0	0	0	10.1	6.88	36.28	59.38	30.16	0	0	142.8
Etr (mm.m ⁻¹)	2.6	3.9	19.9	55.3	129.2	127	131	123	129	137	77.22	15.1	941.96
Deficiencia (mm.m ⁻¹)	156.4 3	169.42	192.8	118.4	15.26	0	0	0	0	0	57.05	131°.84	841.24
Excedente (mm.m ⁻¹)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Disponibilidad (mm.m ⁻¹)	2.6	3.9	11.9	55.3	129.2	137	138	159.3	188.4	167.2	77.22	15.1	0

Leyenda: Consumo de agua en el suelo (USO). Excedente (EXC). Déficit de humedad (DEF). Recarga (REC).

Fuente: **Elaboración propia**

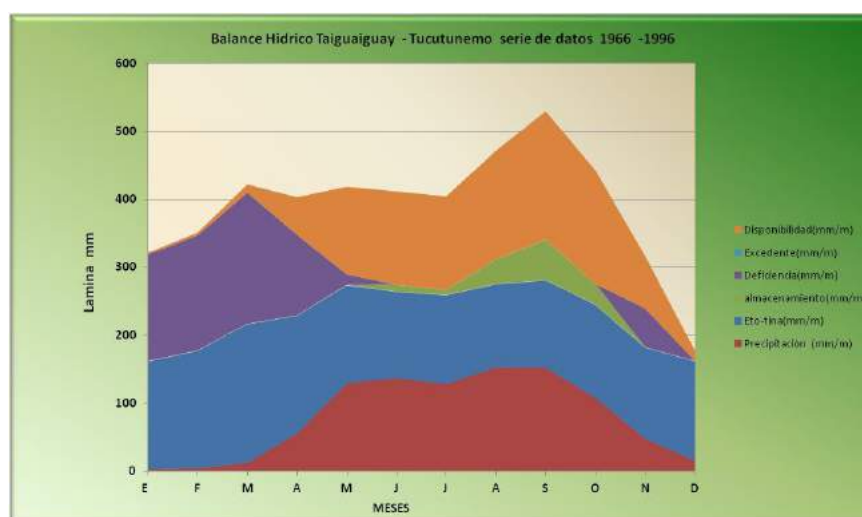


Figura 37. Balance hídrico general Taiguaiguay – Tucutunemo. con datos de estación Meteorológica el Cortijo.

El resultado del cálculo de Kc a partir de curvas elaboradas para tal fin son mostrados en las Figuras (38 - 41) y resumido en los Cuadros (25-28) presentan el comportamiento característicos de los cultivos evaluados en función de los elementos del clima, siendo los siguientes:

Cuadro 25. Kc Etapa de crecimiento del cultivo de hortalizas

Etapa de crecimiento del cultivo	Inicial	Intermedio	Final
Kc Hortalizas	0 - 0.70	0.95	0.90
Días	0- 25.00	75.00	95.00

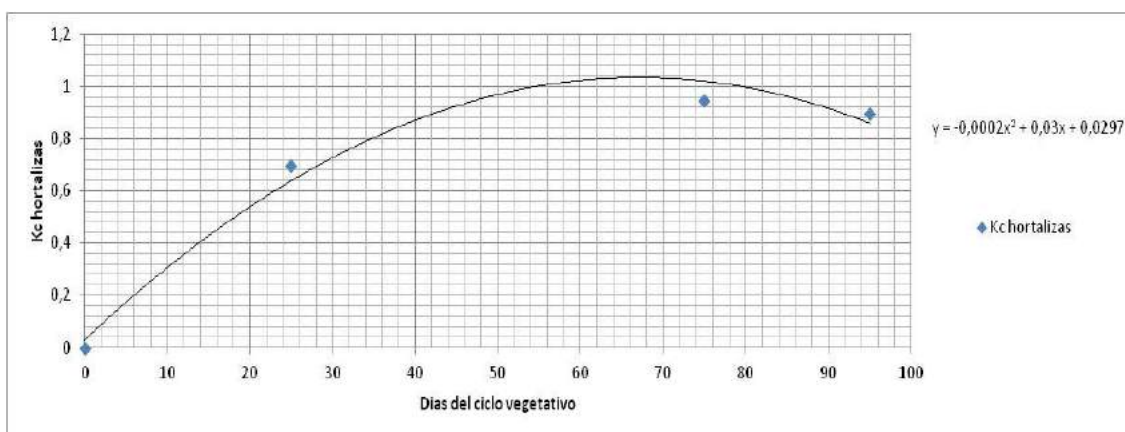


Figura 38. Curva Kc cultivo de hortalizas. zona Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo

Cuadro 26. Kc Etapa de crecimiento del cultivo de Cereales Maíz.

Etapa de crecimiento del cultivo	Inicial	Intermedio	Final
Kc Cereales	0.00 - 0.43	1.05	0.75
Días	0.00 - 8.00	106.00	121.00

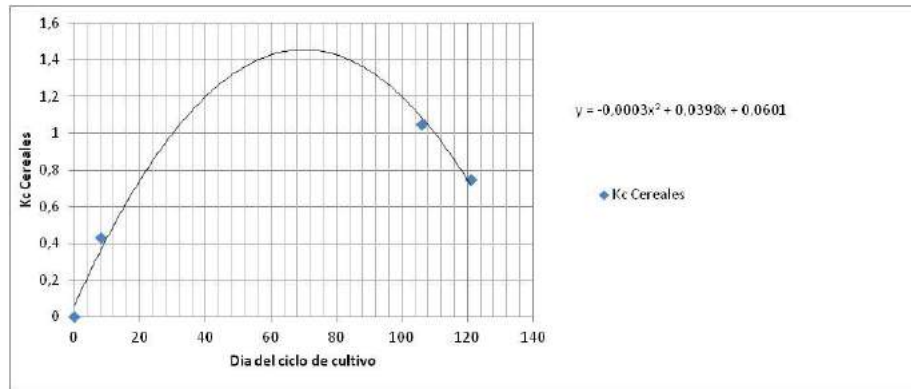


Figura 39. Curva Kc cultivo de Maíz. zona Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo

Cuadro 27. Kc Etapa de crecimiento del cultivo de Leguminosas.

Etapa de crecimiento del cultivo	Inicial	Intermedio	Final
Kc Cereales	0.00 - 0.40	1.20	0.60
Días	0.00 – 30.00	60.00	95.00

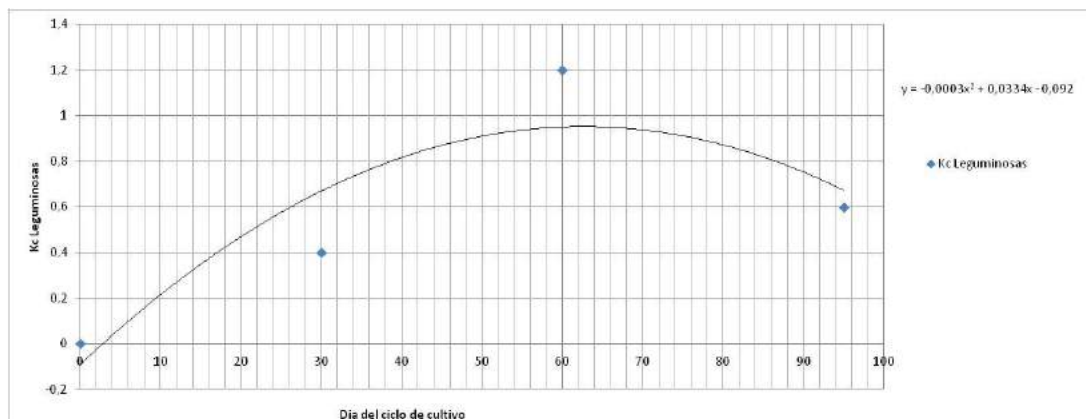


Figura 40. Curva Kc cultivo de leguminosas zona Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo

Cuadro 28. Kc Etapa de crecimiento del cultivo de frutales y pastos.

Etapa de crecimiento del cultivo	Inicial	Intermedio	Mantenimiento
Kc frutales y pastos	0.00 - 0.85	1.15	0.85
Días	0.00 – 100.00	250.00	365.00

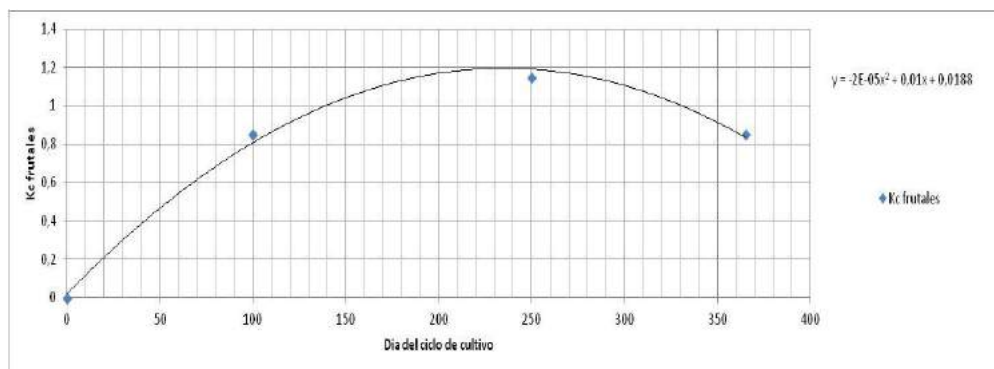


Figura 41. Curva Kc cultivo de leguminosas. zona Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo

Para el cálculo de la lámina máxima diaria requerida por el cultivo durante el desarrollo del ciclo vegetativo, se emplearon los valores de evaporación de la zona de Taiguaiguay debido a que los mismos son mayores a los de la zona de Tucutunemo, en este sentido los valores máximos calculados en cuanto a requerimiento de lámina (mm) de agua para cubrir las necesidades de riego durante la época seca en función del método de riego aplicado y porcentaje de eficiencia de los mismos fueron los reportados en el Cuadro 29.

El valor mínimo encontrado en cuanto a requerimientos de lámina (mm) para el riego por goteo fue de 5.86 mm lo cual equivale a la aplicación de $58.60 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ de agua, seguido de un valor medio de 8.26 mm de lámina equivalente a la aplicación de $82.60 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. para el caso de riego por aspersión, no obstante el valor máximo de lámina encontrado que se requiere para cubrir las necesidades de los cultivos fue de 12.10 mm. lo cual equivale a $120.10 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ bajo la aplicación del método de riego por superficie.

Considerando que los caudales promedios entregados por las líneas principales de conducción conformadas por las tuberías de acero carbono con diámetros de 36 y 48" a los puntos de servicios o válvulas de descarga son para el sector Taiguaiguay de $261.28 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ y para el sector Tucutunemo de $266.19 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ y considerando que solo pueden emplearse 60% del caudal de diseño, equivalente a 1750 L.s^{-1} de 3000 L.s^{-1}) esta línea en el sector Taiguaiguay es capaz de surtir un total de 14 puntos de servicio para su trabajo de forma simultánea, lo cual permite el riego de 84.44 ha.h^{-1} de hortalizas. 58 ha.h^{-1} de cereales 62 ha.h^{-1} de leguminosas y 60 ha.h^{-1} distribuidas entre cultivos permanentes pasto y cereales, considerando que la superficie actual registrada en relación a los cultivos antes mencionados es de 112.12 ha de hortalizas; 343.97 ha de cereales; 4 ha de leguminosas y 56.76 ha distribuidas entre pasto y frutales, se requiere para su irrigación un tiempo de acuerdo con la eficiencia del método de riego aplicado un total de 8.25 h de riego empleando el método de riego por aspersión, 12.01 h empleando el método de riego por goteo o localizado y 16.75 h empleando el método de riego por gravedad, Sin embargo para el caso de los sectores ubicados en el Valle de Tucutunemo solo puede ser empleado un 80% del gasto de la línea del sector Tucutunemo, equivalente a 1312.70 L.s^{-1} de 1640 L.s^{-1} que aporta la línea principal, Es de acotar que los valores de gastos seleccionados para su uso a partir de las líneas principales de distribución responden a, que bajo estos niveles de uso, se evita generar desbalances significativos dentro de los parámetros de diseño y construcción por el MPPAMB la obra trasvase Taiguaiguay - Tucutunemo, En este sentido el sistema de distribución secundario Tucutunemo permite el uso de 12 válvulas en trabajo simultáneo que aportan un caudal de 122.60 L.s^{-1} por válvula lo cual equivale a un caudal de $266.19 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ permitiendo con ello el riego de 139.57 ha de hortalizas, 409 ha de cereales destinadas a la producción de semillas y maíz blanco 31.74 ha de leguminosas y 15.84 ha de pastos y frutales requiriendo para el riego total de la superficie de acuerdo con el método de riego empleado un tiempo de 11.00 h de empleo con el método de riego por aspersión. 15.74 h con el método de riego localizado y 22.14 h con el método de riego por superficie y gravedad.

Los tiempos de riego reportados en el Cuadro 29 responden a las condiciones de tiempo que de forma teórica podrían generarse de acuerdo a la aplicación de los

caudales registrados como promedio para cada una de las válvulas o punto de entrega evaluados, sin embargo estos tiempos pueden variar de acuerdo a las características físicas de los distintos tipos de suelos encontrados en los territorios Taiguaiguay y Tucutunemo , así como con las condiciones en las cuales se encuentran las partes que conforman el sistema de riego empleado según el método, tomándose en cuenta para ello tipo de equipo de riego instalado a nivel parcelario y tipo de manejo operacional aplicado por el productor en cada uno de los casos analizados.

Cuadro 29. Laminas calculadas de acuerdo con la eficiencia y tipo de riego aplicado.

Calculo de las láminas de riego neta mm

Tipo y eficiencia del método de riego aplicado		Aspersión 80%					localizado 90%					superficie 40 %				
	cultivo	Lamina requerida mm	Vol equivalente requerido m ³ ha ⁻¹	Caudal entregado por la válvula m ³ h ⁻¹	N° de válvulas máximo permitidas en operación simultánea	Sup regadas ha h ⁻¹	Lamina requerida mm	Vol equivalente requerido m ³ ha ⁻¹	Caudal entregado por la válvula m ³ h ⁻¹	N° de válvulas máximo permitidas en operación simultánea	Sup regadas ha h ⁻¹	Lamina requerida mm	Vol equivalente requerido m ³ ha ⁻¹	Caudal entregado por la válvula m ³ h ⁻¹	N° de válvulas máximo permitidas en operación simultánea	Sup regada s ha h ⁻¹
Taiguaigua y	Hortalizas	4.33	43.32	261.28	14	84.44	8.26	82.60	261.28	14	44.28	12.01	120.10	261.28	14	30.46
	Cereales	6.31	63.06	261.28	14	58.01	8.51	85.10	261.28	14	42.98	11.83	118.30	261.28	14	30.92
	Leguminosas	5.86	58.67	261.28	14	62.35	7.9	79.00	261.28	14	46.30	11.49	114.90	261.28	14	31.84
	Pastos y cereales	4.33	60.00	261.28	14	60.97	8.9	89.00	261.28	14	41.10	11.76	117.60	261.28	14	31.10
Tucutunem o	Hortalizas	4.33	43.32	266.19	12	73.74	8.26	82.60	266.19	12	38.67	12.01	120.10	266.19	12	26.60
	Cereales producción de semillas	6.31	63.06	266.19	12	50.66	8.51	85.10	266.19	12	37.54	11.83	118.30	266.19	12	27.00
	Leguminosas	5.86	58.67	266.19	12	54.44	7.9	79.00	266.19	12	40.43	11.49	114.90	266.19	12	27.80
	Pastos y cereales	4.33	60.00	266.19	12	53.24	8.9	89.00	266.19	12	35.89	11.76	117.60	266.19	12	27.16

Evaluación parcelaria de los métodos de riego alimentados con agua proveniente del trasvase Taiguaiguay Tucutunemo.

Se seleccionaron un conjunto de parcelas relacionadas en función de dos condiciones preponderantes; 1) la técnica de riego aplicada por el productor (riego por aspersión, riego localizado y riego por gravedad) y 2) fuente de agua usada en el sistema para la aplicación del riego; en este sentido se seleccionaron un total de 26 productores para la selección de una sub muestra final de 9 productores, los cuales fueron catalogados de acuerdo con el uso de la técnica de riego según se presenta en el Cuadro 30. La selección de productores para su evaluación se encontró limitada debido a que para el momento en el cual se realizó la evaluación se generaron rupturas en algunos sectores de la red de tubería secundarias que limitaron la llegada del agua a todo los sectores de la red, lo cual limitó los espacios seleccionados para la evaluación a 3 sectores de Taiguaiguay, identificados como Múcura I, Múcura II y hacienda Tamarindo, mientras que del lado del Valle de Tucutunemo fueron seleccionados los sectores El Hacienda Ancón, La Lagunita y parte baja del Cortijo.

Cuadro 30. Productores seleccionados para la evaluación parcelaria del riego.

Tipo de riego	N° de productores	Tamaño de la muestra del N° de Productores	Superficie total regadas (ha)	Superficie regada de la muestra (ha)
Aspersión	2	1	135	15
Gravedad	7	2	15	2
Goteo	17	6	32	4
Total	26	9	182	21

Riego por aspersión.

Para la evaluación de este tipo de riego se procedió con la selección de 02 haciendas identificadas en los sectores Taiguaiguay (Hacienda Tamarindo) y en el Valle de Tucutunemo (Hacienda El Ancón), ambas parcelas se caracterizan por presentar patrones de parcelamiento que guardan una superficie (ha) superior al promedio de lo establecido en estas zonas, ya que el mismo se establece en un rango de 3 - 4 ha para el nivel medio de parcelamiento de Taiguaiguay y Tucutunemo. No obstante una característica común que guardan los sectores seleccionados para la evaluación del riego, es que ambas haciendas son empleadas para la producción de cereales variando el uso de cada uno de ellos sólo en el tipo de rubro producido, ya que en la hacienda Tamarindo el espacio es empleado para la producción de maíz y leguminosas destinado a la obtención de semillas, mientras que en la Hacienda El Ancón ubicado en el Valle de Tucutunemo los terrenos son empleados para la producción de cereales de consumo directo y maíz blanco destinado a la agroindustria para la producción de harina precocida, En este sentido para ambos casos se procedió a dividir las superficies del terreno a evaluar en un determinado número de lotes a los fines de probar la variación de presión y lamina aplicada a cada lote.

Los aspersores evaluados son modelo Mercury 2012 con las características señaladas en la Figura 42.



Aspersor para riego Marca SIME modelo Hidra.

Rosca de 1.1/2 pulgadas hembra.

- Hecho en aluminio y bronce.
- Doble chorro.
- Boquillas incluidas: #12. #14 y #16.
- Diámetro de mojado máximo: 60 m a (4 bar o 60 psi) y caudal $21 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

Figura 42. Vista del aspersor empleado en las parcelas evaluadas con riego por aspersión.

A continuación se presentan una serie de figuras que muestran el procedimiento aplicado para la evaluación del método de riego por aspersión. el cual consistió en la recolección y registro de láminas de lluvia obtenidas del aspersor con la ubicación de contenedores con volumen y distancia de separación controladas.



Figura 43. Revisión de la orientación de la línea para instalación de los pluviómetros.



Figura 46. Instalación de pluviómetro.



Figura 44. Inicio de pruebas de aspersión.



Figura 47. Obtención de muestras de suelo húmedo a capacidad de campo.



Figura 45. Secado de muestras para obtención de humedad gravimétrica.



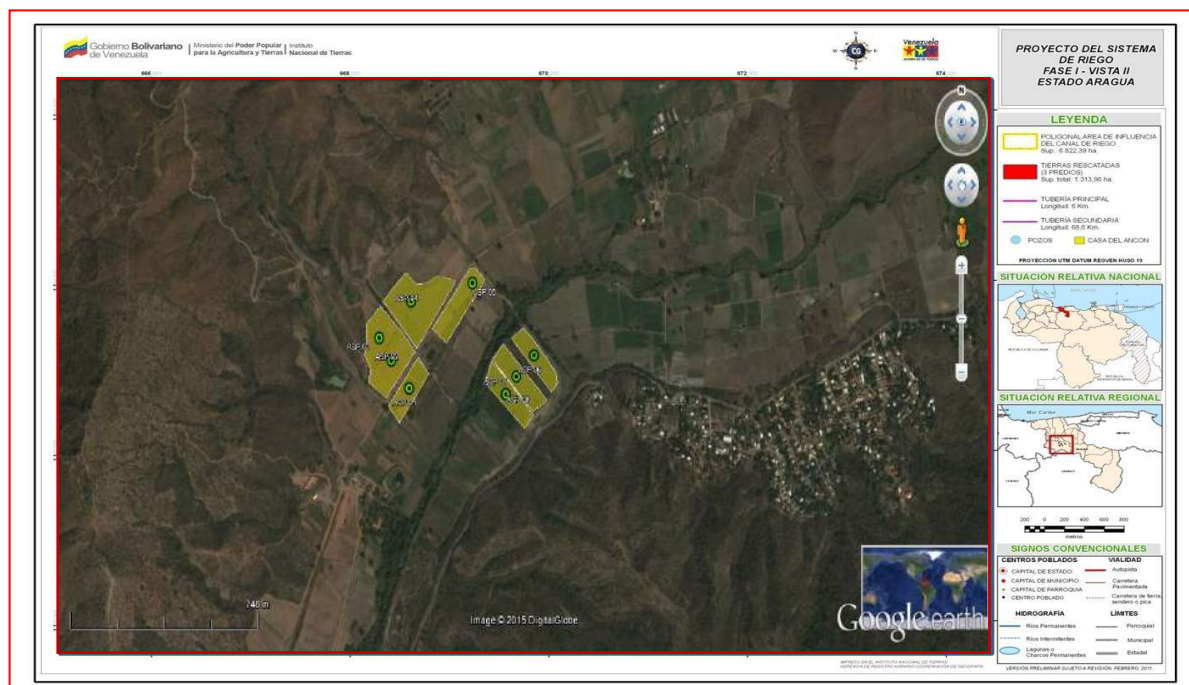
Figura 48. Medición de la lámina de agua captada por el pluviómetro.



Legenda

- Ubicación de los aspersores analizados.

Figura 49. Ubicación de los lotes seleccionados para su evaluación con riego por aspersión sector Hacienda Tamarindo Taiguaguay.



Legenda

- Ubicación de los aspersores analizados.

Figura 50. Ubicación de los lotes seleccionados para su evaluación con riego por aspersión sector Hacienda el Ancón. Valles de Tucutunemo.

Cuadro 31. Coordenadas de ubicación de los aspersores evaluados en la Hacienda Tamarindo Sector Taiguaiguay. Municipio Zamora. Estado Aragua.

Parcela	Aspersor	Norte	Este
1	1	1.116.803.00	667.565.00
2	1	1.169.970.00	667.375.00
3	1	1.117.156.00	667.145.00
2	1	1.173.379.00	666.846.00
5	1	1.117.614.00	666.465.00
6	1	1.117.818.00	666.603.00
7	1	1.117.667.00	666.866.00
8	1	1.117.497.00	667.196.00
9	1	1.117.255.00	667.523.00
10	1	1.116.958.00	667.803.00

Cuadro 32. Coordenadas de ubicación de los aspersores evaluados en la Hacienda El Ancón Sector Valles de Tucutunemo. Municipio Zamora. Estado Aragua.

Parcela	Aspersor	Norte	Este
1	1	1.112.339.00	667.707.00
2	1	1.112.425.00	667.635.00
3	1	1.112.495.00	667.587.00
4	1	1.112.609.00	667.713.00
5	1	1.112.667.00	667.958.00
6	1	1.112.444.00	668.205.00
7	1	1.112.378.00	668.135.00

Basados en el esquema de distribución de los pluviómetros establecido en campo para la recolección del agua aplicada y la información obtenida en la evaluación de los distintos aspersores, se procedió a correlacionar estos datos con los valores encontrados en las variables hidráulicas, caudal y presión con las variables hidroedafológicas seleccionadas en los distintos suelos encontrados en los lotes utilizados para el estudio, En este sentido fueron analizados los valores obtenidos de densidad aparente, infiltración básica, granulometría (% de arena, limo y arcilla) y humedad gravimétrica del suelo a capacidad de campo. De igual modo fueron considerados en el análisis variables climáticas relacionadas con la temperatura, evaporación, velocidad y dirección del viento. En la Figura 51 se presenta el esquema de distribución de los pluviómetros utilizados en campo para la recolección de las láminas de lluvia generadas por el aspersor, de igual modo en los Cuadros 33 – 34 se presentan los resultados obtenidos de la evaluación hidráulica y funcional de los sistemas de riego evaluados tanto en los sectores Taiguaiguay como en el Valle de Tucutunemo.

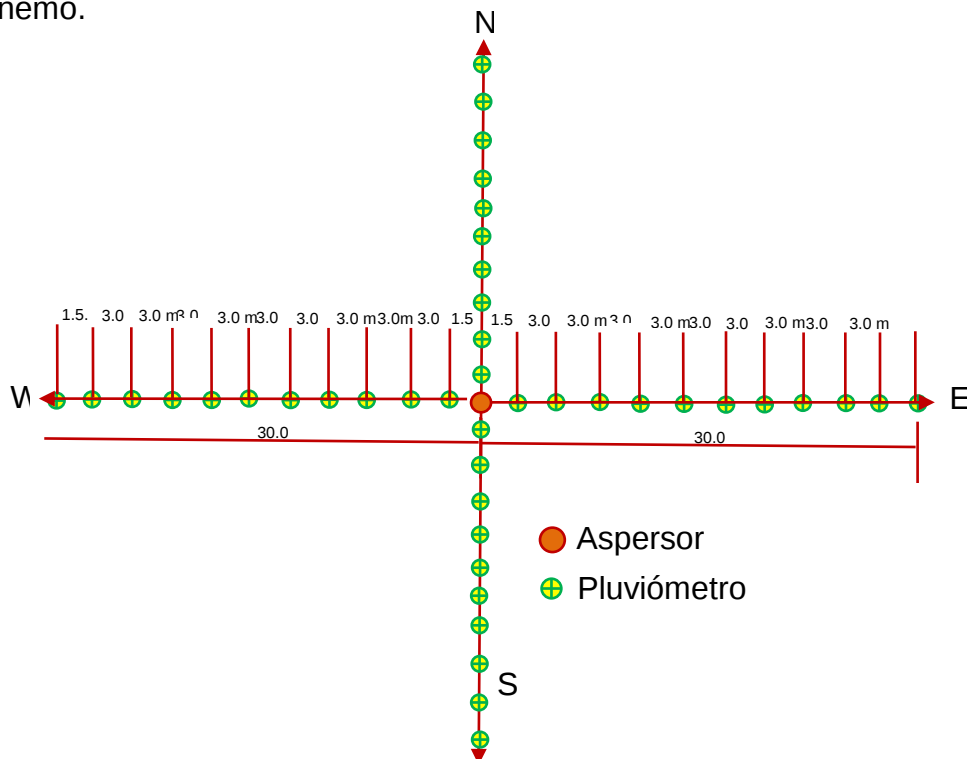


Figura 51. Esquema con distribución de pluviómetros instalados en campo.

Cuadro 33. Parcelas evaluadas con riego por aspersión en la Hacienda el Tamarindo del sector Taiguaiguay.

Parcela	Numero de aspersores en funcionamien to simultaneo	Lamina promedio (mm) obtenida	Tiempo de riego (h)	Distancia del aspersor al punto de alimentación general del sistema	Caudal (m ³ h ⁻¹) estimado	Nº accesorios encontrados en el tramo evaluado.	Presión PSI inicio del sistema	Presión PSI Salida del aspersor	% Perdidas de carga registrada
1	1.00	7.07	1.00	1.423.00	19.97	12.00	60.00	49.24	17.93
2	1.00	6.56	1.00	1.176.00	18.53	10.00	60.00	50.29	16.17
3	1.00	7.58	1.00	866.00	21.42	6.00	60.00	53.45	10.91
4	1.00	7.60	1.00	653.00	21.47	5.00	60.00	54.48	9.20
5	1.00	5.02	1.00	1.131.00	14.18	8.00	60.00	52.90	11.82
6	1.00	4.75	1.00	1.353.00	13.42	8.00	60.00	50.56	15.73
7	1.00	5.33	1.00	1.031.00	15.06	7.00	60.00	51.56	14.06
8	1.00	6.20	1.00	352.00	17.52	7.00	60.00	53.40	11.00
9	1.00	6.52	1.00	953.00	18.42	9.00	60.00	51.00	15.00
10	1.00	7.08	1.00	1.297.00	20.00	11.00	60.00	47.40	21.00
Promedio	1.00	6.37	1.00	1023.50	17.99	8.30	60.00	51.42	14.28

Cuadro 34. Parcelas evaluadas con riego por aspersión en la Hacienda El Ancón del sector Valles de Tucutunemo.

Parcela	Numero de aspersores en funcionamiento simultaneo	Lamina (mm) promedio obtenida	Tiempo de riego (h)	Distancia del aspersor al punto de alimentación general del sistema	Caudal (m ³ h ⁻¹) estimado	N° accesorios encontrados en el tramo evaluado.	Presión PSI inicio del sistema	Presión PSI Salida del aspersor	% Perdidas de carga registrada
1	1.00	7.07	1.00	423.2	18.42	8	65.86	59.18	10.14
2	1.00	6.56	1.00	423.21	17.12	8	62.86	56.03	10.86
3	1.00	7.58	1.00	512.04	17.14	8	53.97	45.36	15.95
4	1.00	7.60	1.00	925	17.16	8	52.08	40.16	22.88
5	1.00	5.02	1.00	1190	8.42	12	59.68	45.38	23.96
6	1.00	4.75	1.00	1453	8.40	10	58.98	38.30	35.06
7	1.00	5.33	1.00	1273.94	7.70	9	63.85	45.20	29.20
Promedio	1.00	6.37	1.00	885.77		8.30	60.00	51.42	14.28

Considerando los resultados obtenidos de los análisis físicos realizados a las diferentes muestras de suelo, para el cálculo de los índices de infiltración, así como el porcentaje de humedad gravimétrica registrado bajo condiciones de capacidad de campo, se presentan los resultados para los distintos lotes considerados en la evaluación hidráulica del sistema de riego por aspersión realizado en la hacienda el Tamarindo del sector Taiguaiguay. Los resultados detallados de cada una de las muestras evaluadas pueden ser observados en los Cuadros presentados en los Anexos 56 - 61.

Los resultados presentados en los Anexos (54 - 61) se puede observar como predominan en las parcelas evaluadas en la hacienda Tamarindo del sector Taiguaiguay suelos con texturas arcillosas seguidas de texturas arcillo- limosas presentes en los primeros 20 - 60 cm de profundidad, los suelos de textura franco, aun cuando se encuentran presentes en los 0 - 20 cm iniciales de profundidad, responden más a una acumulación de material orgánico producto de incorporaciones de residuos de cosecha al suelo tras los continuos ciclos de cultivos y cosechas aplicados en estos espacios. En este sentido al ser evaluados los niveles de humedad aportados al suelo mediante el uso de riego por aspersión se puede observar como la condición de los horizontes arcillosos y arcillo - limosos se reflejan en la capacidad de retención de humedad que presentan los suelos a profundidad (40 -60) cm. de igual modo para los suelos con horizontes arcillosos encontrados en las parcelas N°(1-10) evaluadas en la Hacienda Tamarindo los valores de humedad registrados presentan un rango que oscila desde (30.89 - 68.18) mm de agua por metro de suelo con una desviación estándar máxima de 11.18% para los suelos con horizontes arcillosos, no obstante los valores de humedad encontrados para los horizontes ubicados en los primeros 20 cm de profundidad con texturas de suelo Franco presentan una variación de retención de humedad que oscila 16.46- 68.97 mm de agua con una desviación estándar máxima de 12.49 %. Los valores promedios obtenidos de los niveles de humedad al ser comparados con los resultados obtenidos en los trabajos realizados por Wagner et al (1986) en la evaluación de sistemas de riego por aspersión en el sector Múcura I del territorio Taiguaiguay, en el cual señala que el porcentaje de humedad retenido en los suelos de textura Arcillo - Limoso muestreados hasta una

profundidad de 60 cm presentaron porcentajes de retención de humedad a capacidad de campo ubicados en los siguientes valores : Profundidad de 0 - 20 cm el porcentaje de retención de humedad fue de 26.87%. 0 - 40 cm el porcentaje de retención de humedad fue de 29.09% mientras que para una profundidad de 40 - 60 cm el porcentaje de retención de humedad fue de 26.53% lo cual nos permite ubicar los valores obtenidos en el estudio actual dentro de un rango similar con base a los resultados obtenidos de otros estudios realizados en la zona de Taiguaiguay.

Por otro lado, para el caso de las parcelas evaluadas en la Hacienda el Ancón del Valle de Tucutunemo, las texturas encontradas de forma predominantes corresponden a las clases texturales de suelos con horizontes arcilloso, francos y arcillo - limosos siendo la concentración de horizontes arcillosos en tres parcelas ubicadas en la zonas bajas del terreno los niveles humedad registrados en estas parcelas identificadas como 1, 2 y 5 oscilan entre los 37.13 – 66.49 mm de agua por metro profundidad con un porcentaje máximo de desviación estándar de 7.09%. Las parcelas 3, 4, 6 y 7 presentan una condición de textura de suelos Franco Arcillo - Limoso en los primeros 0 - 40 cm de profundidad con predominancia de textura franca lo cual les permite presentar en los horizontes ubicados de 40 -60 cm de profundidad una capacidad de retención de humedad que oscila (14.37 - 41.02) mm de agua por metro de profundidad con una desviación estándar máxima de 5.08 % .

Para un mayor nivel de detalle de los resultados obtenidos en las Figuras (53 - 67) se presentan los gráficos de radar en los cuales se muestra la distribución de humedad alrededor de los aspersores evaluados, además se muestra cada una de las gráficas desarrolladas en base las pruebas de infiltración básica y acumuladas practicadas a cada una de las parcelas regadas por aspersión.

En relación a la evaluación Hidráulica del funcionamiento los aspersores empleados en las parcelas analizadas en la hacienda Tamarindo del sector Taiguaiguay y la Hacienda El Ancón del valle de Tucutunemo y considerando los resultados obtenidos en los Cuadros 35 y 36 podemos observar, como una vez evaluadas las distintas variables (Caudal y Presión) para el funcionamiento hidráulico de los aspersores establecidos en las diferentes parcelas de la hacienda Tamarindo se

logra obtener una lámina promedio de 6.37 mm tras la aplicación de un tiempo de riego de 1h, sin embargo mediante cálculos propios realizados en base al requerimiento hídrico de los cultivos leguminosas y cereales para la producción de semilla cultivados frecuentemente en estos espacios y basado en la ETc. Y Evaporación de la zona podemos establecer que durante el mes de marzo se requiere una lámina mínima de 8.51 mm diarios para el adecuado desarrollo de los cultivos de cereales, siendo para el caso de la leguminosa el requerimiento de lámina de 7.90 mm según resultados reportados en el Cuadro 28. Considerando que este valor de lámina para el riego, obtenida del aspersor es afectado por variables hidráulicas y climáticas relacionadas con la velocidad, dirección del viento y las pérdidas de carga debido a la distancia del aspersor y cantidad de accesorios instalados a lo largo de la línea de alimentación de la tubería principal, durante la evaluación realizada se logró determinar que la red de distribución para el agua de riego presenta una pérdida de carga promedio de 14.28 % presentando la misma valores más bajos en aquellos puntos en los cuales la distancia recorrida por el fluido desde el punto de alimentación del sistema hasta la salida del aspersor era más corta en relación aquellas parcelas con mayores distancias del punto de alimentación del sistema hasta la ubicación del aspersor y que a su vez presentaban menor número de accesorios instalados en la línea de distribución.

En las Figuras 52 - 68 se pueden observar cómo fue la distribución de la humedad del suelo y distribución del riego en función de la dirección y sentido de giro del aspersor de igual modo se puede observar las diferentes graficas desarrolladas para medir la capacidad de infiltración básica y acumulada de los suelos evaluados en los distintos lotes con riego por aspersión.

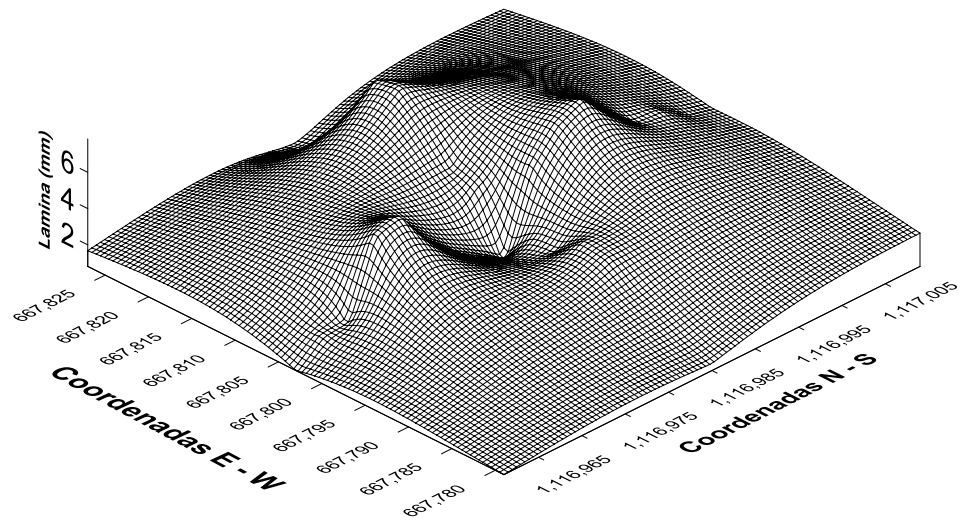


Figura 52. Distribución de lámina de agua (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 01 Hacienda Tamarindo.

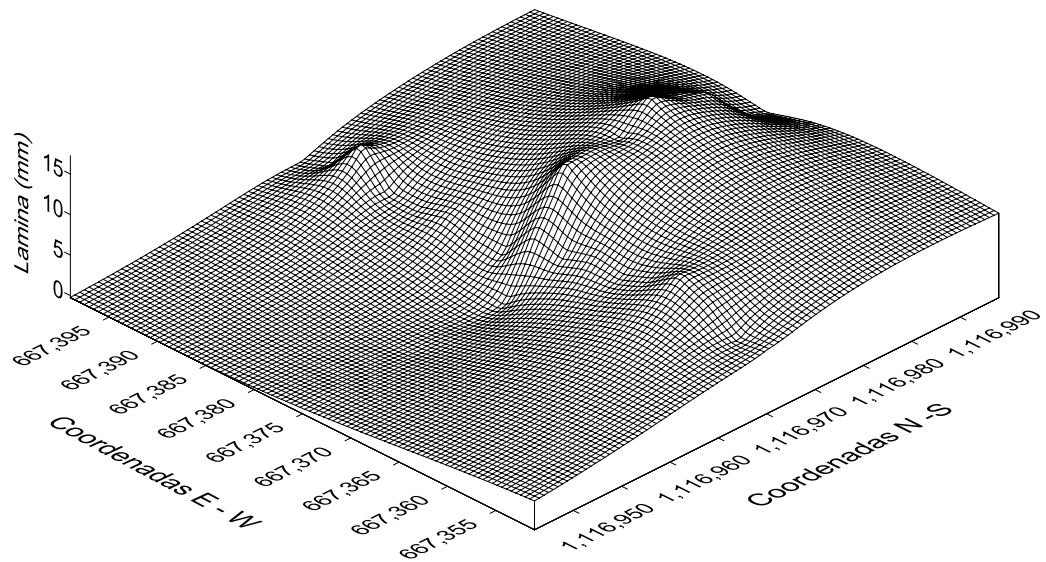


Figura 53. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 02 Hacienda Tamarindo

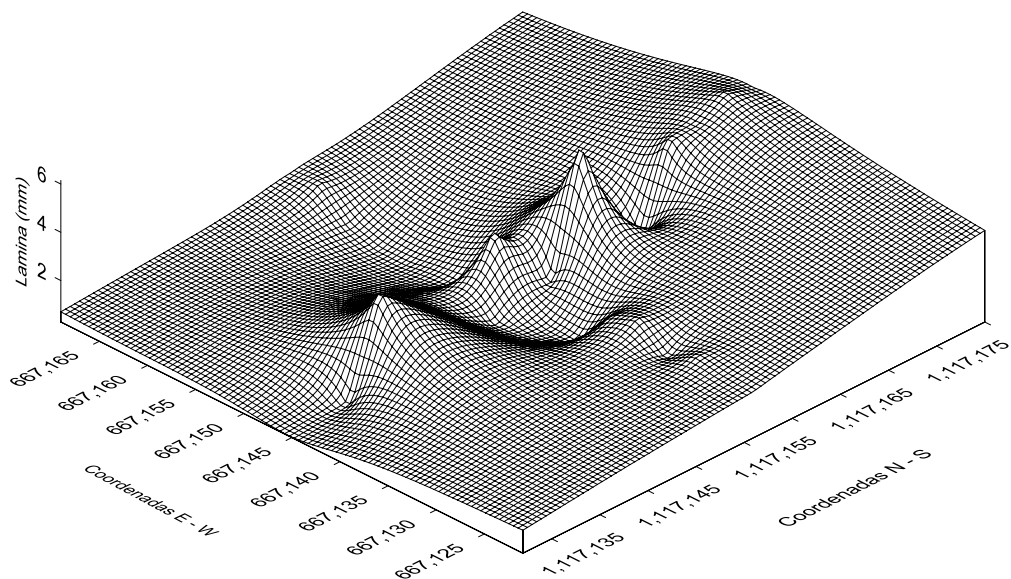


Figura 54. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 03 Hacienda Tamarindo.

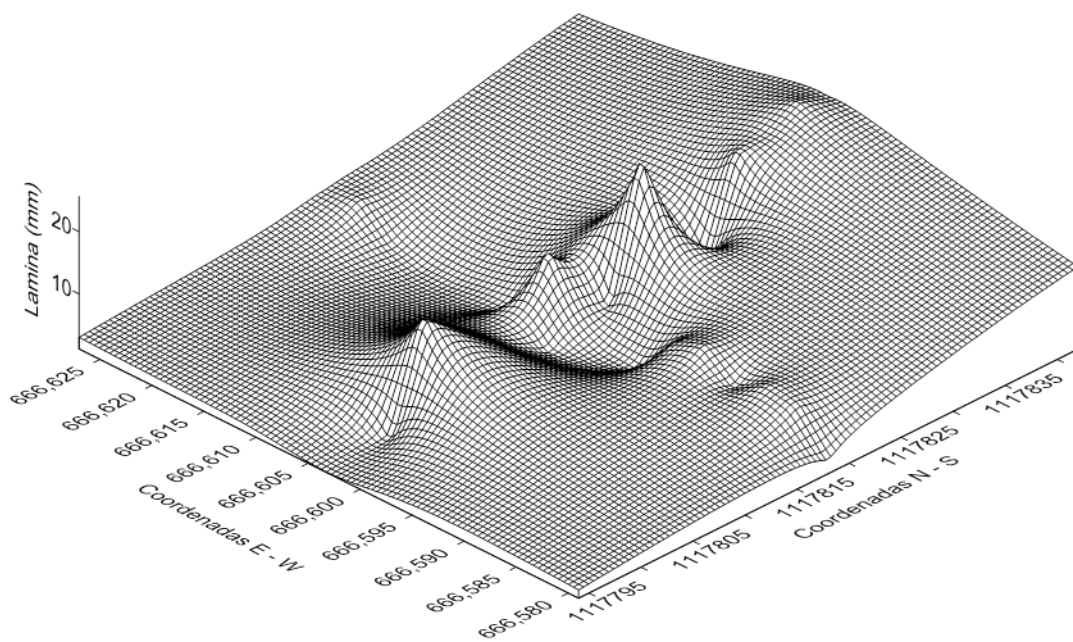


Figura 55. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 04 Hacienda Tamarindo

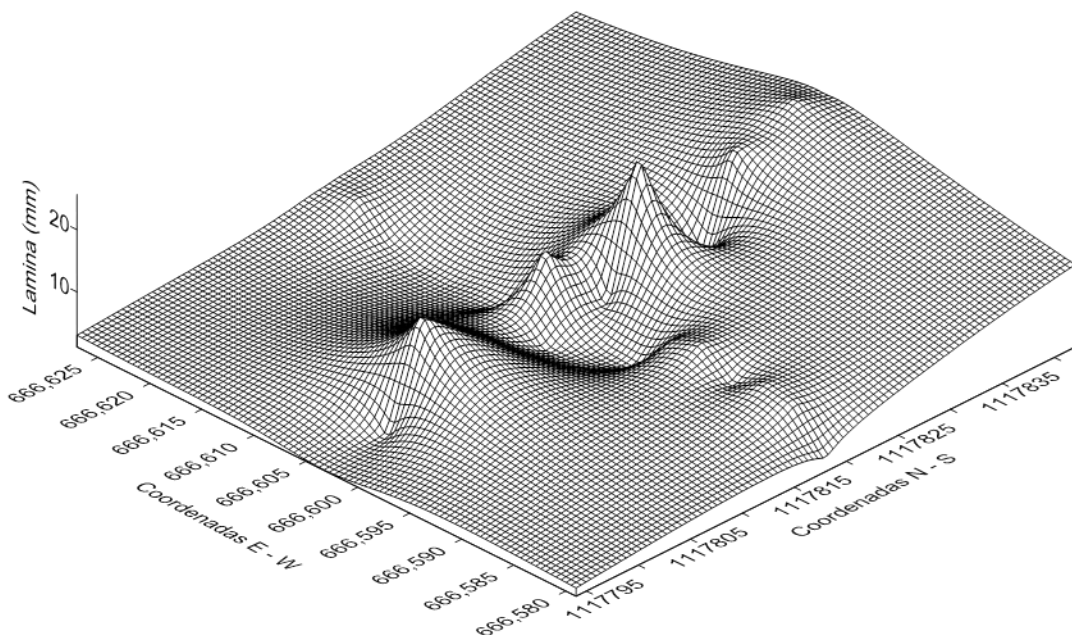


Figura 56. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 05 Hacienda Tamarindo

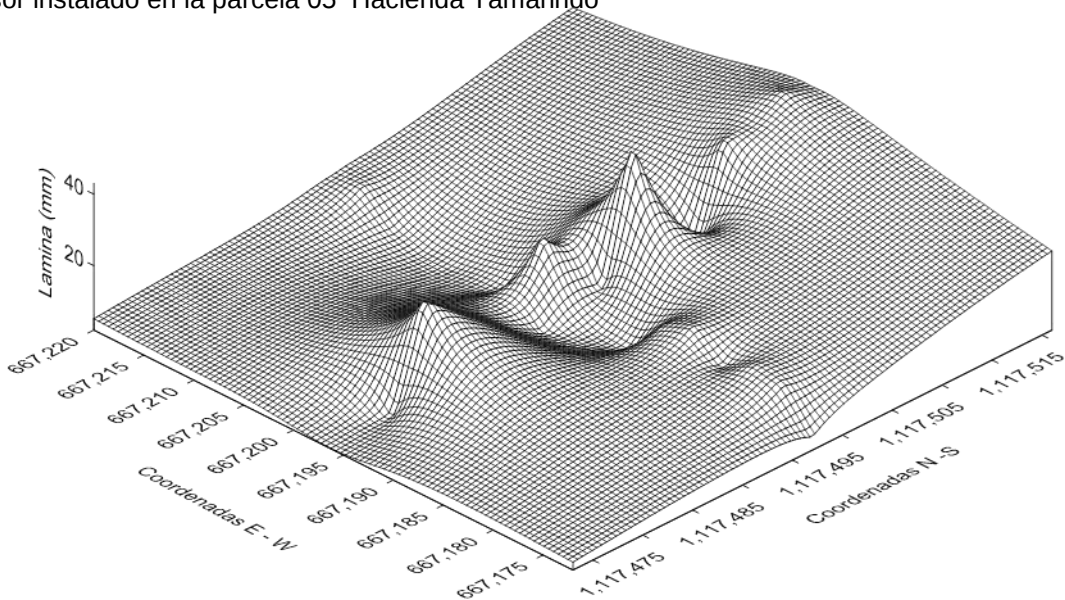


Figura 57. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 06 Hacienda Tamarindo.

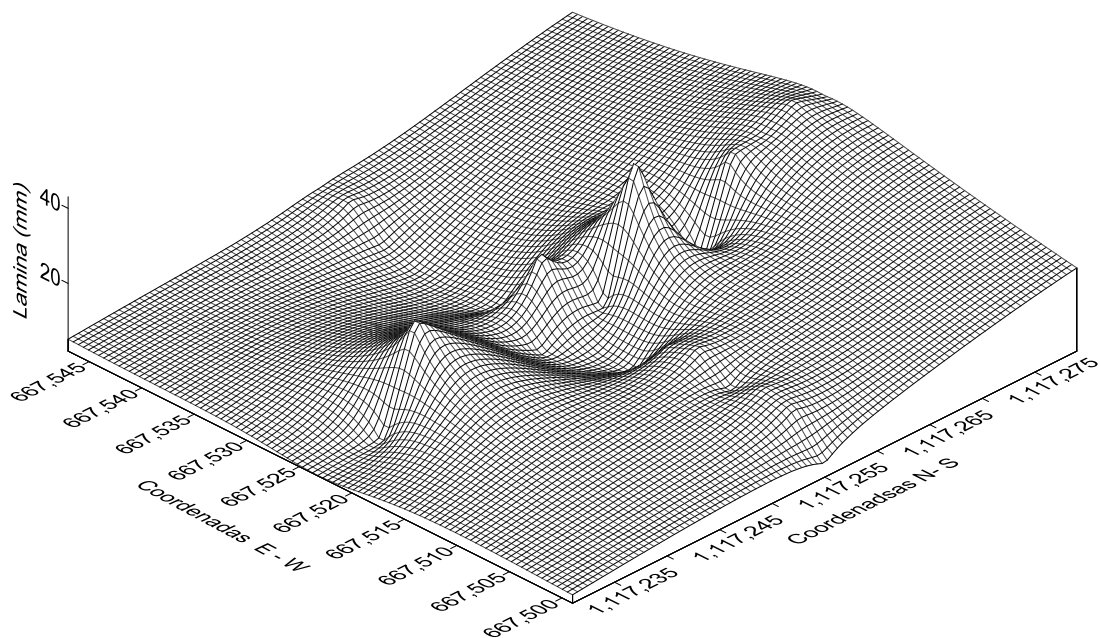


Figura 58. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 07 Hacienda Tamarindo.

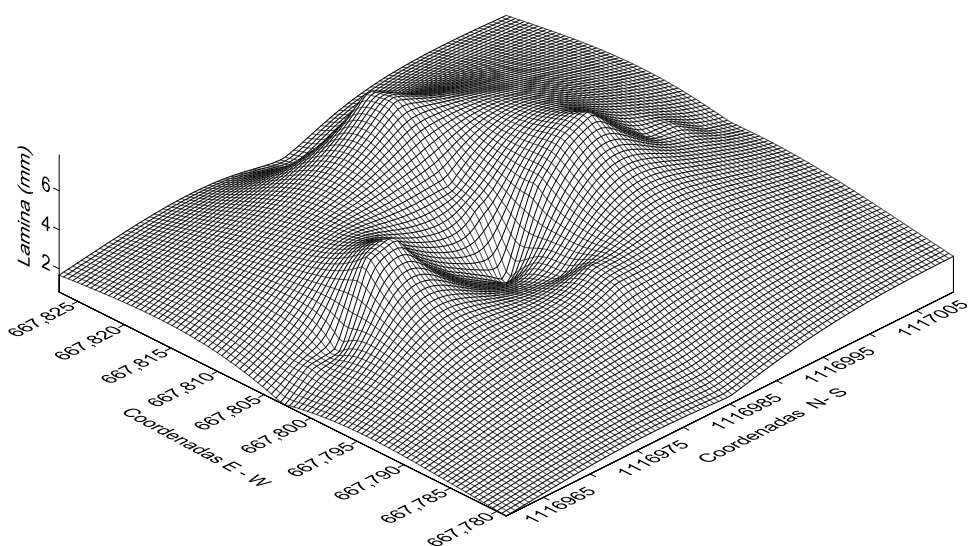


Figura 59. Gráficos con distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 08 Hacienda Tamarindo.

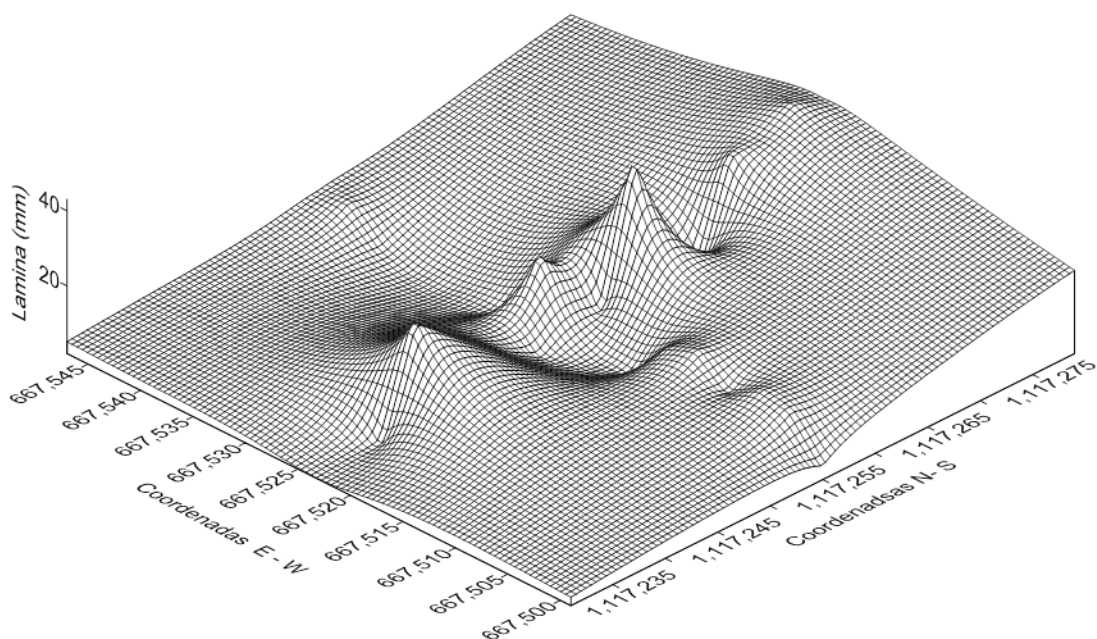


Figura 60. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 09 Hacienda Tamarindo.

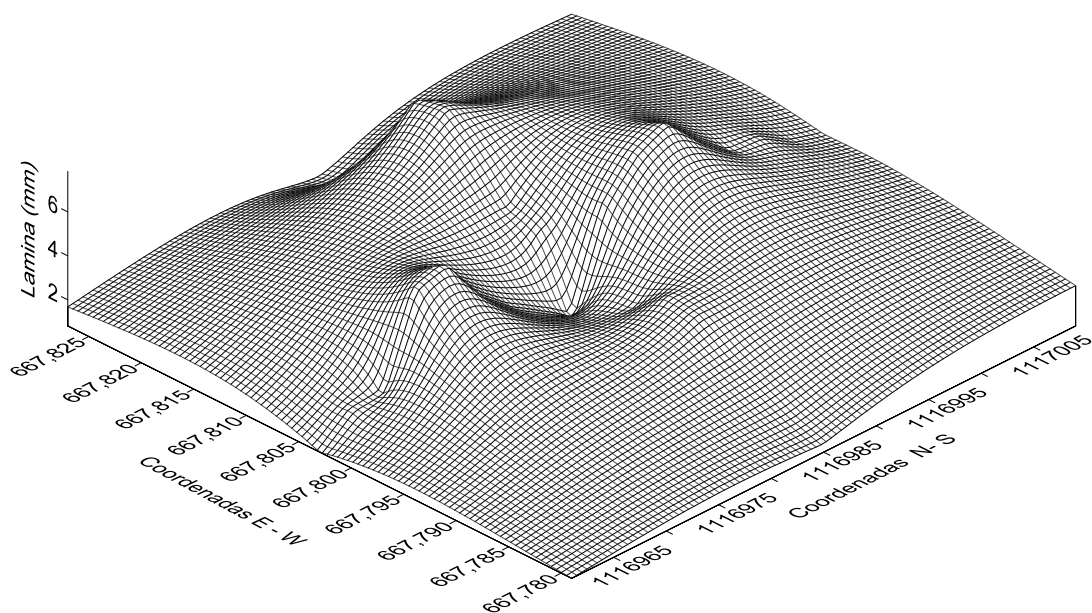


Figura 61. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 10 Hacienda Tamarindo.

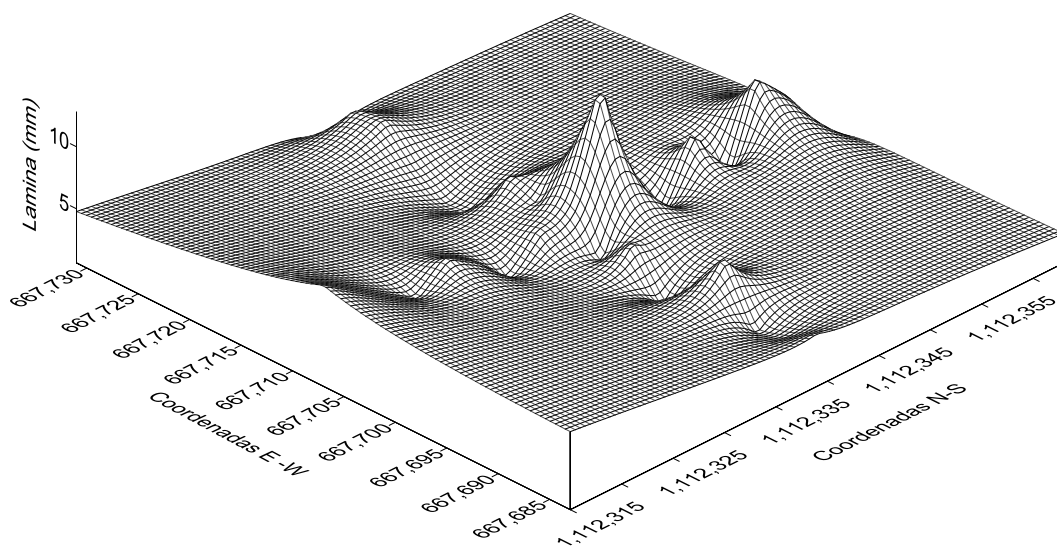


Figura 62. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 01 Hacienda El Ancón Valle de Tucutunemo.

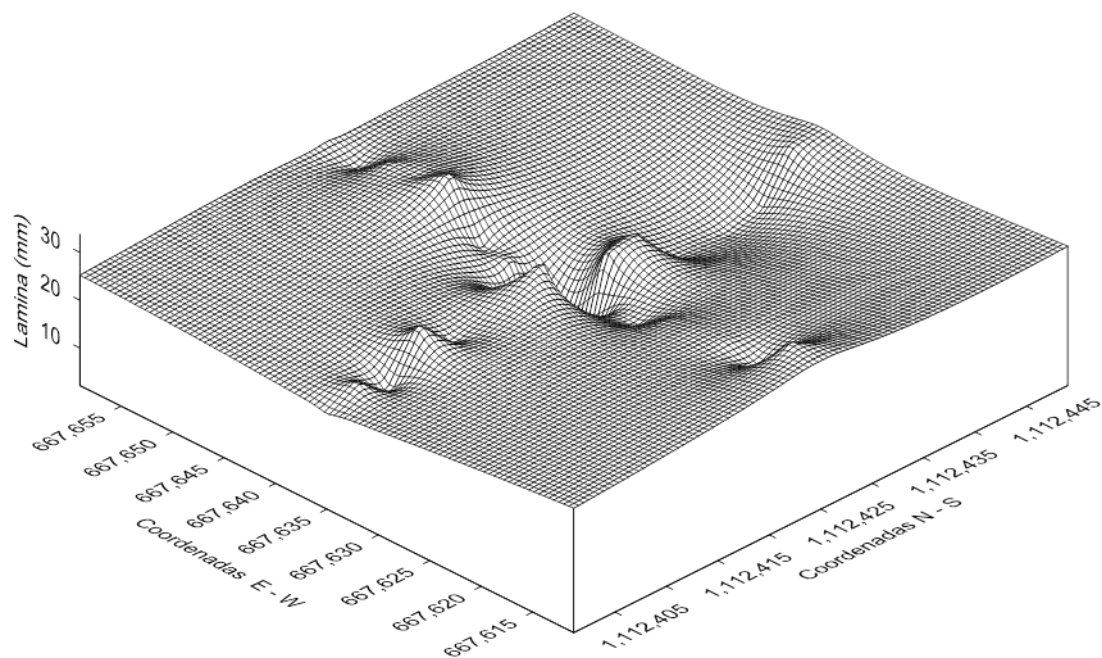


Figura 63. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 02 Hacienda El Ancón Valle de Tucutunemo.

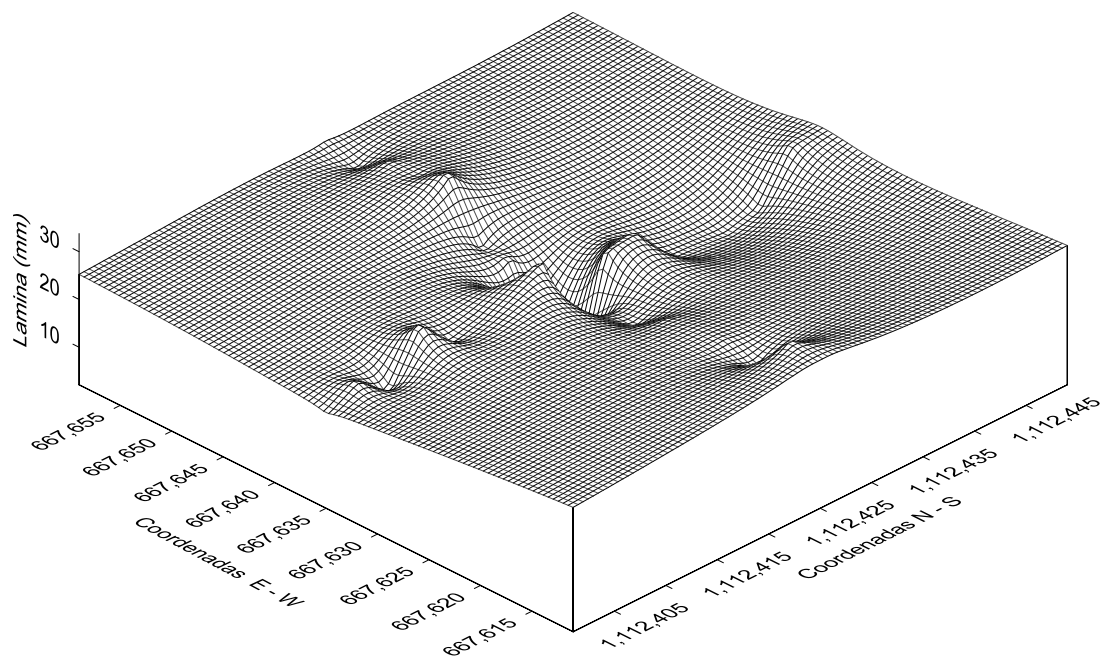


Figura 64. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 03 Hacienda El Ancón Valle de Tucutunemo.

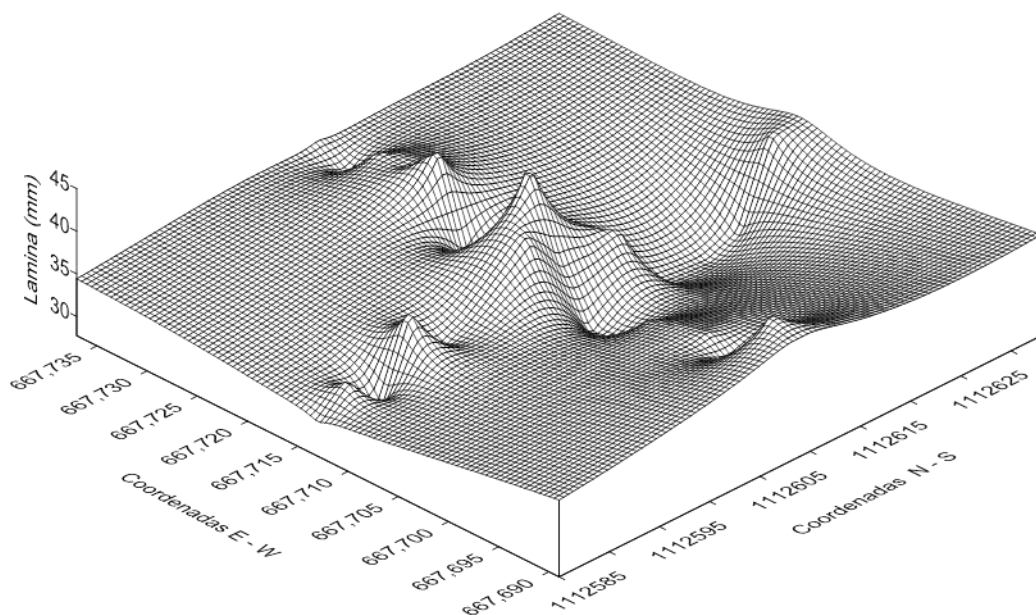


Figura 65. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 04 Hacienda El Ancón Valle de Tucutunemo.

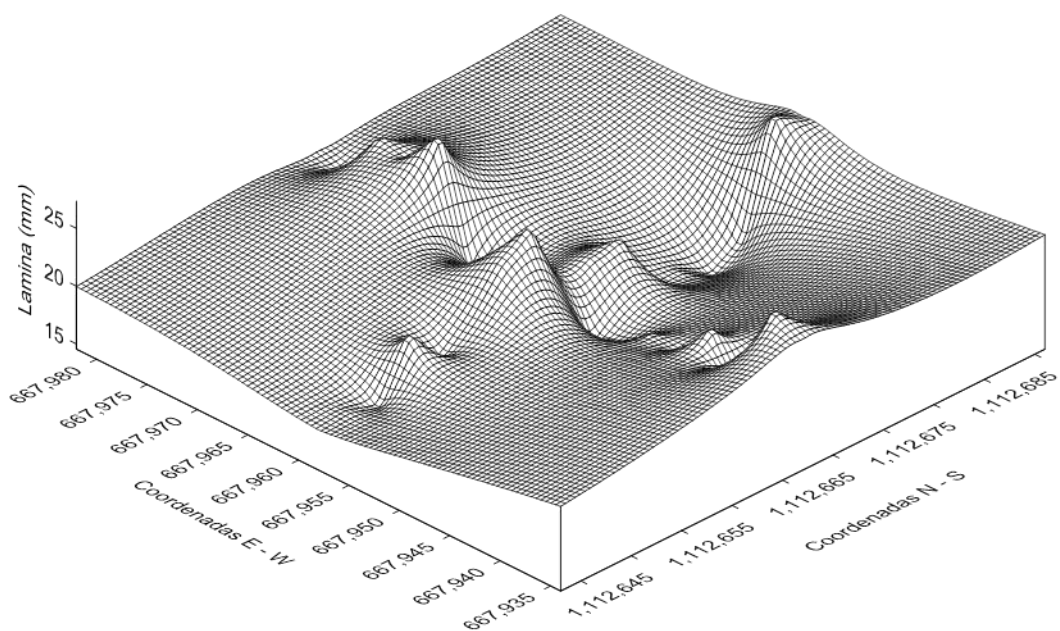


Figura 66. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 05 Hacienda El Ancón Valle de Tucutunemo.

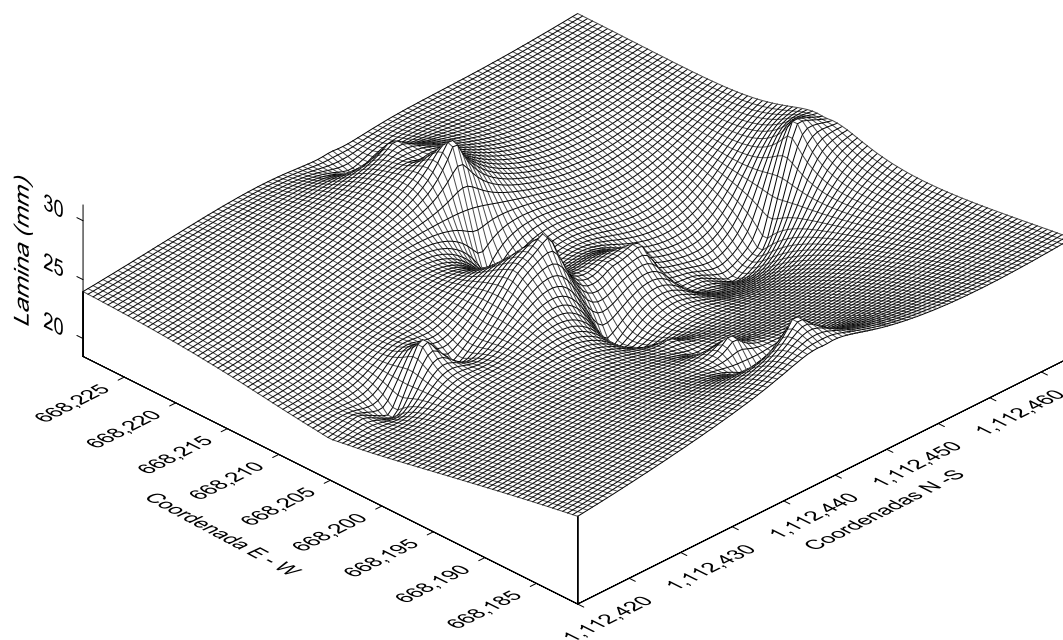


Figura 67. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 06 Hacienda El Ancón Valle de Tucutunemo.

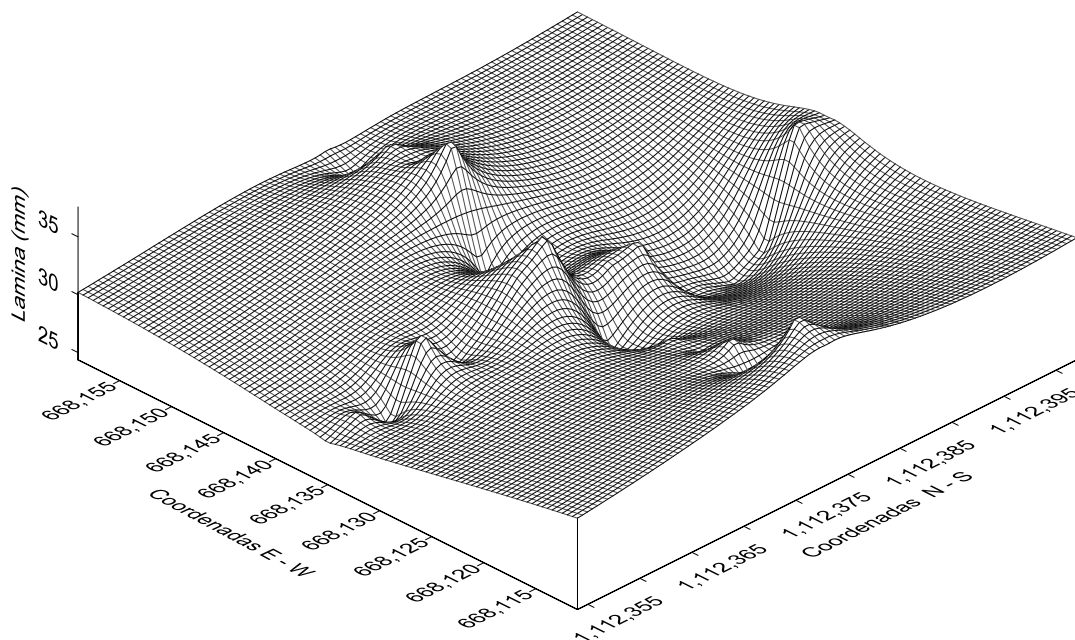


Figura 68. Distribución de lámina de lluvia (mm) evaluados en un radio de 30 metros alrededor del aspersor instalado en la parcela 06 Hacienda El Ancón Valle de Tucutunemo.

Evaluación del coeficiente de uniformidad del riego por Aspersión

En el Cuadro 35 se presentan los resultados de los Coeficientes de Uniformidad de Christiansen (CUD) obtenidos de las parcelas evaluadas en los predios, Hacienda Tamarindo del sector Taiguaiguay y En la Hacienda el Ancón del sector Valle de Tucutunemo, los mismos fueron comparados con los índices señalados por la FAO (1990), reportados en el Cuadro 8 de este trabajo a los fines de catalogar si el coeficiente de distribución evaluado puede ser clasificado de acuerdo al porcentaje de uniformidad obtenido.

Cuadro 35. Coeficientes de Uniformidad de Distribución obtenidos en evaluación realizada en parcelas de la Hacienda el Tamarindo, ubicada en el sector Taiguaiguay, municipio Zamora del estado Aragua.

Sector	Parcela Evaluada	%CUD	Clasificación
Taiguaiguay Hacienda Tamarindo	1	76.19	Aceptable
	2	84.40	Bueno
	3	79.22	Aceptable
	4	96.74	Excelente
	5	81.89	Bueno
	6	76.89	Aceptable
	7	77.52	Aceptable
	8	91.64	Excelente
	9	86.74	Bueno
	10	78.61	Aceptable

Cuadro 36. Coeficientes de Uniformidad de Distribución obtenidos en evaluación realizada en parcelas de la Hacienda El Ancón . ubicada en el sector Valle de Tucutunemo . municipio Zamora del estado Aragua.

Sector	Parcela Evaluada	% CUD	Clasificación
Valle de Tucutunemo Hacienda El Ancón	1	75.60	Aceptable
	2	75.85	Aceptable
	3	76.89	Aceptable
	4	77.52	Aceptable
	5	53.23	Inaceptable
	6	51.76	Inaceptable
	7	61.89	Inaceptable

De acuerdo con los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas, para la calificación del Coeficiente de Distribución de Uniformidad, para los sistemas de riego por aspersión evaluados en las 10 parcelas seleccionadas en la Hacienda Tamarindo se puede establecer que al menos en el 50% de los casos el Coeficiente de Uniformidad de Distribución resultó aceptable, de igual modo fue clasificado como bueno para un 30% y excelente en un 25% de los casos evaluados, pudiendo estar asociado estos buenos resultados a la cercanía de la parcela evaluada de la fuente de alimentación o línea secundaria del sistema de riego así como a la inexistencia de fugas en estas líneas de distribución para el momento en que se realizó la evaluación.

Sin embargo los resultados encontrados en los sistemas de riego por aspersión evaluados en la hacienda el Ancón del Valle de Tucutunemo mostraron para un 57.14% de los casos un resultado aceptable del CDU no siendo así este comportamiento para 42.85 % de las parcelas evaluadas las cuales presentaron resultados clasificados como inaceptables, los cuales podrían estar relacionados a

fugas de agua encontradas en las líneas de distribución secundarias para el momento de la evaluación según se presenta grafica en la Figura 69, así mismo las características de distribución de la dirección del viento y velocidad de este en la zona podrían ser factores que incidieron en los resultados obtenidos.

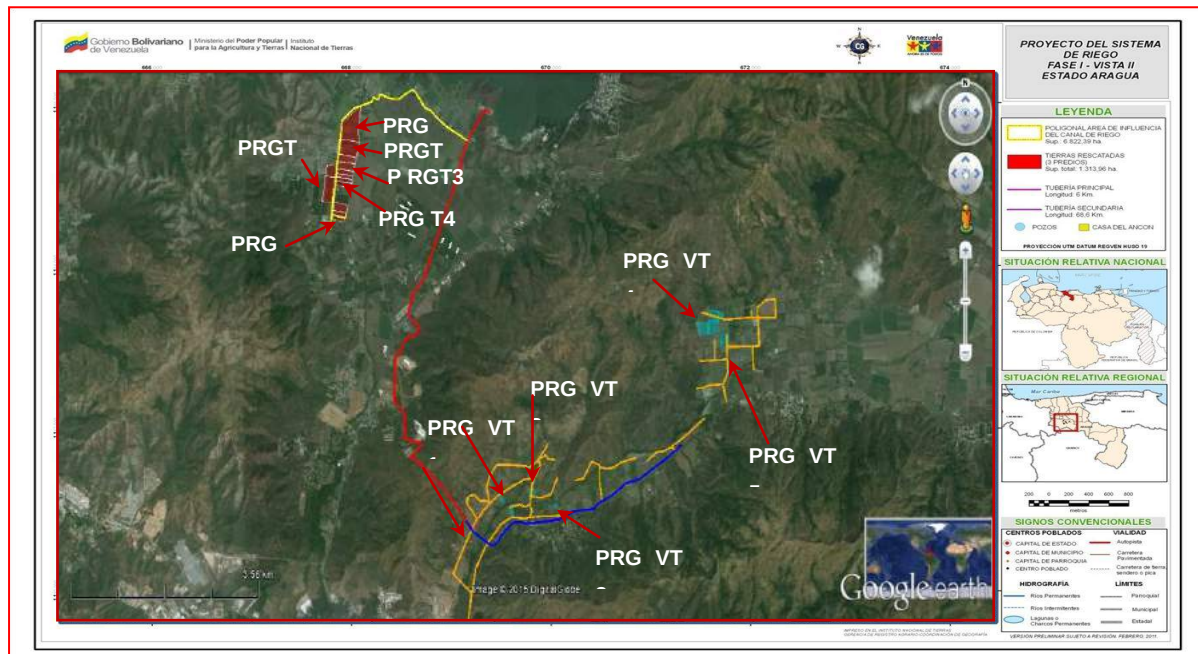


Figura 69. Ubicación de fugas encontradas en la red secundaria producto de desprendimiento brusco de las válvulas de seguridad las cuales fueron retiradas por tractores que laboraban en la zona.

EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO ALIMENTADOS POR EL AGUA DERIVADA DEL SISTEMA TRASVASE .

Para la evaluación de los sistemas de riego por goteo en los sectores de los territorios Taiguaiguay y Valles Tucutunemo se identificaron los productores que emplean el agua proveniente de la obra trasvase, en este sentido en el territorio Taiguaiguay fueron seleccionados un total de 6 productores ubicados en los sectores Múcura I y Múcura II, mientras que en el territorio Valles de Tucutunemo fueron seleccionados un total de 5 productores de los sectores la Lagunita y parte baja del Cortijo, La distribución de los productores antes mencionado se presenta en los mapas señalados en la Figura 70.

De igual manera en las Figuras 70 y 71 se presentan de forma detallada los esquemas empleados en campo durante la evaluación para la delimitación de las parcelas seleccionadas como unidad básica de riego.



- Parcelas seleccionadas para evaluación de riego por goteo en los sectores Múcura I v Múcura II . Taiguaiguay .
- Parcelas seleccionadas para evaluación de riego por goteo en los sectores La laquinta v parte Baia del Cortio.

PRGT . Parcela Riego por Goteo Taiguaiguay

PRG VT. Parcela Riego por Goteo Valle de Tucutunemo

Figura 70. Ubicación de parcelas muestreadas para evaluación hidráulica de los sistemas con riego por goteo en los sectores Taiguaiguay y Tucutunemo Vista de los sistemas de riego analizados.



Figura 71. Levantamiento de información en campo para el análisis Hidráulico y funcional de sistemas de riego por goteo en Taiguaiguay y Tucutunemo. (A) colocación de pluviómetros, (B) medición de presión, (C) medición de volumen recogido, (D) toma de muestras de suelo a capacidad de campo.

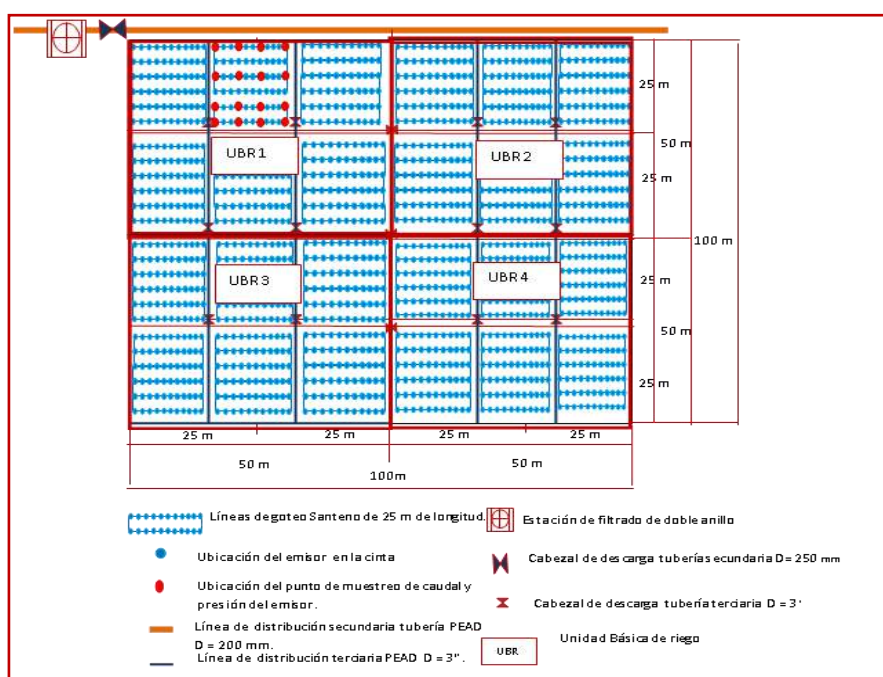


Figura 72. Esquema representativo de evaluación en parcelas con riego por goteo seleccionados en campo con superficie de 1 ha, sub dividido en cuatro unidades básicas de riego.

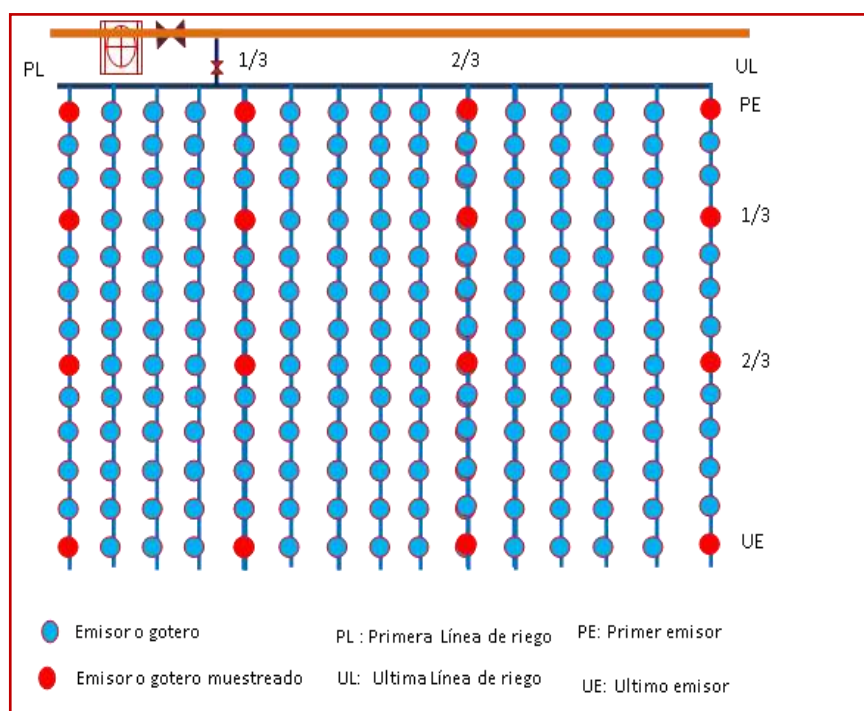


Figura 73. Detalle del esquema de muestreo realizado en la básicas de riego de con marco de trazado de 25 m x 25 m.

Cuadro 37. Georeferenciación de las parcelas seleccionadas para la evaluación de los sistemas de riego por goteo en los sectores Múcura I y Múcura II del territorio Taiguaiguay. municipio Zamora del estado Aragua .

Parcela	Sector Taiguaiguay	Coordenadas UTM	
		Norte	Este
PRGT1	Múcura I	1.118.027.00	665.383.00
PRGT2		1.118.194.00	664.831.00
PRGT3		1.118.024.00	665.307.00
PRGT4	Múcura II	1.117.688.00	664.668.00
PRGT5		1.117.269.00	666.932.00
PRGT6		1.116.947.00	664.968.00

Cuadro 38. Georeferenciación de las parcelas seleccionadas para la evaluación de los sistemas de riego por goteo en los sectores La Lagunita y parte Baja del Cortijo del territorio Valle de Tucutunemo.

Parcela	Sector Valles de Tucutunemo	Coordenadas UTM	
		Norte	Este
PRGVT1	La Lagunita	1.112.770.00	668.198.00
PRGVT2		1.112.583.00	668.383.00
PRGVT3		1.112.848.00	668.798.00
PRGVT4	El Cortijo	1.115.245.00	672.394.00
PRGVT5		1.115.542.00	672.167.00

Descripción de los sistemas de riego.

Las parcelas evaluadas presentan un sistema de riego por goteo conformado por un cabezal conectado a la líneas principal del sistema de riego, de allí la misma deriva hacía líneas secundarias de 4" de diámetro abastecen las líneas regantes con goteros insertados a lo largo, después del cabezal todas las parcelas tienen un filtro de anillo marca AZUD el cual permite retener la mayor parte de las impurezas que ingresan al sistema, En la Figura 71 se pueden observar partes principales que conforman el sistema de riego evaluado, el agua llega presurizada desde la toma principal de la parcela 130 PSI generada por la estación de bombeo ubicada en Taiguaiguay con una presión opertiva a nivel parcelas 80 PSI, mientras que del lado del territorio Tucutunemo los sistemas son alimentados por una carga generada en la columna de agua debido a la diferencia de altura del terreno teniendo en la entrada de cada parcela una carga de presión minima de 105.79 PSI.



Figura 74. Levantamiento de información en campo para el análisis Hidráulico y funcional de sistemas de riego por goteo en Taiguaiguay y Tucutunemo, (A) Vista de descarga a la salida del cabezal, (B) Filtro de anillo, (C) Vista de los latiguillos salientes para conexión de líneas regantes, (D) Vista de hidrantes empleados para sectorizar las sub unidades básicas de riego.

Dado que los productores considerados en la evaluación, adquirieron los equipos y sistemas de riego a través de un programa social del Estado Venezolano dirigido al sector rural, los sistemas de riego instalados, poseen una gran similitud en cuanto a dotación de materiales y características de diseño e instalación, presentando solo algunas variaciones en relación al tipo de filtro suministrado y las líneas regantes presentando características señaladas en la Figura 75.



Cinta para riego por goteo. 16 mm x 1.1 L.h⁻¹ x 900 m/16 mm Diámetro

Distancia entre goteros : 20 cm

1.1 L.h⁻¹:

Figura 75. Características de la cinta de riego distribuido a los productores beneficiados con el programa de instalación de sistemas de riego parcelario en la obra trasvase.Taiguaiguay – Valles de Tucutunemo

Previo a la evaluación de los sistemas de riego se procedió a calcular las láminas faltantes programadas y las láminas de riego netas requeridas por los cultivos encontrados en las parcelas seleccionadas al momento de la evaluación, a los fines de determinar si el sistema de riego cumple con la entrega adecuada de caudal en relación a los requerimientos de las plantas para ello se emplearon las Ecuaciones 23, 24 y 25. Para el cálculo de las láminas de lavado se consideraron valores históricos referentes a los análisis realizados al agua del embalse con fines de riego en el año 2011.

A continuación en el Cuadro 40 se presenta un resumen con los cultivos existentes en las parcelas seleccionadas para el estudio así como los resultados obtenidos con el cálculo de las láminas requeridas por los mismos.

Cuadro 39. Resumen de resultados obtenidos en relación al cálculo de las láminas de riego requeridas por los cultivos

Territorio	Sector	Parcela	Cultivo	Lfa (mm)	Ln (mm)
Taiguaiguay	Múcura I	PGRT1	Berenjena	7.39	12.95
	Múcura I	PGRT2	Pepinos	9.07	16.36
	Múcura I	PGRT3	Ají dulce	7.50	13.18
	Múcura I	PGRT4	Pimentón	7.56	13.29
	Múcura II	PGRT5	Tomate	7.39	12.95
	Múcura II	PGRT6	Cebollín	6.91	11.98
Valle de Tucutunemo	La lagunita	PRGVT1	Cebollín	6.82	11.78
	La lagunita	PRGVT2	Pimentón	6.86	11.88
	La lagunita	PRGVT3	Tomate	6.86	11.88

Parte Baja del Cortijo	PRGVT4	Cebollín	6.48	11.10
Parte Baja del Cortijo	PRGVT5	Aji dulce	6.43	11.00

Las pérdidas de carga registradas en los diferentes sectores evaluados se presentan en los Cuadros 40-43.

Cuadro 40. Calculo de pérdidas de carga para tubería acero carbono de diámetro 48" y 36".

Territorio	Pérdidas de carga de tubería principal acero Ø 48"							
Taiguaiguay	L (m)	Q(m3/s)	C	D(m)	h1 (m)	h2 (m)	ΔH (m)	Hf (m)
PRGT1	1.500,00	2,96	120	1,22	471	456	15	21,41
PRGT2	1.700,00	2,96	120	1,22	471	458	13	20,26
PRGT3	1.900,00	2,96	120	1,22	471	461	10	18,12
PRGT4	2.100,00	2,96	120	1,22	471	465	6	14,97
PRGT5	2.700,00	2,96	120	1,22	471	469	2	13,54
PRGT6	3.100,00	2,96	120	1,22	471	470	1	14,25
Valles de Tucutunemo	Pérdidas de carga de tubería principal acero Ø 36"							
PRGVT1	550	1,64	120	0,91	-	-	-	3,19
PRGVT2	185	1,64	120	0,91	-	-	-	1,07
PRGVT3	1.482,91	1,64	120	0,91	-	-	-	8,6
PRGVT4	5.010,00	1,64	120	0,91	-	-	-	29,06
PRGVT5	5.010,00	1,64	120	0,91	-	-	-	29,06

Cuadro 41. Calculo de pérdidas de carga para tubería P.E.A.D interna de diámetro 4 " del sistema de riego por goteo en la parcela seleccionadas.

Territorio Taiguaiquay	Tubería interna del sistema de riego en la parcela							
	L (m)	Q(m3/s)	C	D(m)	h1 (m)	h2 (m)	ΔH (m)	Hf (m)
PRGT1	300	0,01	150	0,11			0,00	2,45
PRGT2	362	0,01	150	0,11			0,00	2,95
PRGT3	506	0,01	150	0,11			0,00	4,13
PRGT4	458,99	0,01	150	0,11			0,00	3,74
PRGT5	622	0,01	150	0,11			0,00	5,07
PRGT6	622	0,01	150	0,11			0,00	5,07
Valles de Tucutunemo								
	Tubería interna del sistema de riego en la parcela							
PRGVT1	400	0,01	150	0,11			0,00	3,26
PRGVT2	420	0,01	150	0,11			0,00	3,43
PRGVT3	480	0,01	150	0,11			0,00	3,91
PRGVT4	530	0,01	150	0,11			0,00	4,32
PRGVT5	450	0,01	150	0,11			0,00	3,67

Cuadro 42. Calculo de pérdidas de carga generada por accesorios presentes en la red de tuberías de acero carbono y P.E.A.D

Territorio Taiguaiquay	Accesorios empleados en los sistemas de riego									Hf(m)
	Codo 45°	Codos 90°	Válvula Ø 250 (mm)	reducción Ø 36" --> 10"	reducción Ø 10" --> 8"	reducción Ø 10" --> 4"	Filtro Azuc	Hidrantes Ø 4"	llaves de paso Ø 4"	
PRGT1	9	0	1	1	1	1	1	4	4	1,71
PRGT2	15	0	16	1	1	1	1	4	4	3,03
PRGT3	15	0	18	1	1	1	1	4	4	3,09
PRGT4	15	0	16	1	1	1	1	4	4	3,03
PRGT5	15	0	23	1	1	1	1	4	4	3,25
PRGT6	6	0	24	1	1	1	1	4	4	2,02
Valles de Tucutunemo										
	Accesorios empleados en los sistemas de riego									
PRGVT1	6	1	7	1	1	1	1	4	4	1,57
PRGVT2	1	1	4	1	1	1	1	4	4	0,77
PRGVT3	7	1	6	1	1	1	1	4	4	1,68
PRGVT4	5	1	10	1	1	1	1	4	4	1,52
PRGVT5	5	2	12	1	1	1	1	4	4	1,67

Cuadro 43. Resumen de resultados obtenidos de porcentaje de pérdidas de carga obtenidos por tramo de tubería en relación a la ubicación de la parcela y longitud de la tubería recorrida.

Territorio	Accesorios empleados en los sistemas de riego		
Taiguaiguay	Hf Total (m)	Hf Total (PSI)	% perdida de carga (hf) calculada en relación a la longitud del tramo de tubería recorrido hasta el sitio de servicio de riego.
PRGT1	75.83	107.87	1.61
PRGT2	81.50	115.93	1.55
PRGT3	88.74	126.23	1.45
PRGT4	94.67	134.66	1.40
PRGT5	93.13	132.48	1.24
PRGT6	100.57	143.06	1.20
Valles de Tucutunemo	Accesorios empleados en los sistemas de riego		
PRGVT1	74.00	105.26	3.91
PRGVT2	65.13	92.65	4.89
PRGVT3	59.37	84.46	2.36
PRGVT4	104.97	149.32	1.29
PRGVT5	112.30	159.74	1.30

Los resultados obtenidos en Cuadros 40 – 43 permiten determinar que existe un aumento en el porcentaje experimentado por las pérdidas de carga relacionadas principalmente con la longitud de la tubería principal, en el caso de la tubería acero carbono de diámetro 48 pulgadas que abastece a los sectores de la línea Taiguaiguay, se observa como las pérdidas de carga presentan una variación de 7.16 m proveniente de la diferencia entre 21.41 m y 14.25 m entre los punto de servicio ubicados entre las parcela PRGT1 y PRGT6; no obstante en el sector Valle de Tucutunemo la línea de tubería acero carbono presenta una disminución de diámetro pasando así a conducir el agua a través de una sección de 36 pulgadas, siendo la variación de perdida de carga 2.84 m correspondiente a un rango de variación de 31.9 m y 29.06 m entre las parcelas PRGVT1 y PRGVT5 respectivamente, estas diferencias podrían estar directamente relacionadas con el aumento de longitud en los diferentes tramos de tubería de los esctores evaluados, asi como la variacion súbita que presenta el cambio de diámetro en el diseño de las líneas lo cual sumado a la presencia de distintos

accesorios presentes a lo largo del tramo contribuye a la disminución de carga de presión que podrían generar los distintos accesorios.

Por otra parte la evaluación realizada en ambos sectores (Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo) a nivel de las líneas de distribución principal de diámetro 4 pulgadas y las líneas regantes secundarias de diámetro 25 mm presentan un rango de variación de pérdidas de carga de 2.45 m a 5.07 m para el caso de las parcelas PRGT1 y PRGT6 respectivamente, siendo de igual modo el rango de pérdidas de cargas localizadas obtenido fue de 1.71 m a 2.02 m para las parcelas antes mencionada, no obstante las pérdidas de carga contabilizadas para las parcelas PRGVT1 y (PRGVT5 ubicadas en el Valle de Tucutunemo para la línea principal de diámetro 4" es de 3.26 m a 4.32 m respectivamente, mientras que las pérdidas generadas por el uso de accesorios se ubicaron en 1.57 m 1.67 m.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA UNIFORMIDAD DEL RIEGO POR GOTEO

Los resultados obtenidos de los aforos realizados durante 2 minutos en las (Unidad Básica de Riego) UBR de las parcelas seleccionadas para el estudio en los sectores del territorio Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo se presentan en los anexos 64 al 77, El Cuadros 45 presenta de forma resumida los resultados obtenidos de las mediciones de presión en diferentes puntos de los sistemas de riego por goteo evaluados y en el Cuadro 46 los resultados de los diferentes coeficientes para medir la uniformidad de los sistemas de riego con sus valores interpretados en función de los valores referenciales presentados en el Cuadro 44.

Cuadro 44. Valores referenciales para considerar los índices de evaluación de uniformidad como buenos.

CU	CV	UD
> 0.85	< 0.15	> 0.80

Cuadro 45. Presiones obtenidas en los territorios evaluados de Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo.

	Sector	Parcela	Presión (PSI) en línea de distribución secundaria 250 mm	Presión (PSI) entrada a la parcela D 110 mm	Presión (PSI) en hidrante dentro de la parcela	Presión (PSI) al final en línea regante dentro de la parcela			
						LR 1	LR 23	LR 42	LR 62
Taiguaiguay	Múcura I	PRGT1	130	56.86	55.70	53.05	50.52	48.12	45.82
		PRGT2	130	64.18	62.30	59.33	56.51	53.82	51.25
		PRGT3	130	74.74	71.30	67.90	64.67	61.59	58.66
		PRGT4	130	83.43	82.60	78.67	74.92	71.35	67.96
	Múcura II	PRGT5	130	84.66	83.40	79.43	75.65	72.04	68.61
		PRGT6	130	86.85	55.90	53.24	50.70	48.29	45.99
Valles de Tucutunemo	La Lagunita	PRGTV1	110	58.86	71.00	67.62	64.40	61.33	58.41
		PRGTV2	110	74.00	63.40	60.38	57.51	54.77	52.16
		PRGTV3	110	65.13	57.80	55.05	52.43	49.93	47.55
		PRGTV4	110	74.38	71.40	68.00	64.76	61.68	58.74
		PRGTV5	110	81.57	76.20	72.57	69.12	65.82	62.69

130

Cuadro 46. Resultados obtenidos en las parcelas con los Coeficiente de Uniformidad (CU); Coeficiente de Variación (CV) y Uniformidad de Distribución (UD).

Territorio	Sector	Parcela	Categoría del valor						% de eficiencia de funcionamiento de la cinta en relación a especificaciones técnicas del caudal aforado y ubicación de la parcela
			CU	CV	UD	CU	CV	UD	
Taiguaiguay	Múcura I	PRGT1	97,02	0,21	0,48	E	NA	NA	29,83
		PRGT2	96,87	0,23	0,50	E	NA	NA	32,73
		PRGT3	96,87	0,18	0,50	E	NA	NA	31,09
	Múcura II	PRGT4	96,87	0,24	0,50	E	NA	NA	26,43
		PRGT5	96,87	0,23	0,50	E	B	NA	25,11
		PRGT6	96,87	0,21	0,50	E	B	NA	22,09
Valles de Tucutunemo	La Lagunita	PRGTV1	0.99	0,22	0,27	E	NA	NA	56,25
		PRGTV2	0.98	0,21	0,21	E	NA	NA	63,58
		PRGTV3	0.98	0,18	0,16	E	NA	NA	57,78
	El Cortijo parte baja	PRGTV4	0.97	0,28	0,44	E	NA	NA	48,24
		PRGTV5	0.98	0,17	0,17	E	NA	NA	62,39

CU: Coeficiente de Uniformidad; CV: Coeficiente de Variación; UD: Uniformidad de Distribución. E : Excelente.

B: Bueno ; NA; No aceptable

De acuerdo con los resultados presentados en los Anexos 61 – 74 sobre las evaluaciones realizadas en las líneas regantes seleccionadas en las distintas UBR de las parcelas ubicadas en los sectores Múcura I y Múcura II del territorio Taiguaiguay se puede establecer que el caudal promedio obtenido de todas las observaciones realizadas en estos sectores fue de 0.33 Lh^{-1} con una desviación estándar de 5.08 % para un tiempo de aforo de 120 s, encontrándose el mismo 0.77 Lh^{-1} por debajo de los 1.1 Lh^{-1} que deberían ser entregados por las cintas de riego para esta misma cantidad de tiempo según las especificaciones del fabricante, esto implica la entrega un nivel de entrega 70% del caudal en relación a los establecido en las especificaciones de funcionamiento de la cinta, por cuanto los tiempos de riego se ven prolongados de 1.0 a 3.3 h, para cubrir los requerimientos hídricos de los cultivos en producción los cuales requieren una lámina de riego 0.011 – 0.016 Lts. la cual bajo las condiciones de funcionamiento óptima de la cinta de riego deberían cubrir sus requerimientos de lámina en un rango de tiempo establecido entre 1.00 -1.36 h.

Para las 5 parcelas seleccionadas del lado del Valle de Tucutunemo sector La lagunita y parte baja del Cortijo se realizó el análisis de resultados, encontrándose en este caso que el caudal entregado por las cintas de riego evaluadas presentó un promedio de 0.52 Lh^{-1} calculado con base en muestreo realizado para un tiempo de aforo de 120 s lo cual equivale a la entrega de 52.72% por debajo de lo indicado en las especificaciones del fabricante de igual modo este índice se refleja en los tiempos de riego que deben ser aplicados a los cultivos encontrados en las parcelas seleccionadas para el estudio los cuales presentan un rango de necesidades de lámina de riego ubicadas entre 1.15 – 1.28 L. bajo condiciones de funcionamiento óptimo de la cinta debería ser cubierto el tiempo de riego con un rango de 1.0 -1.2 h no obstante los tiempos de riego calculados en función del caudal entregado por los emisores lleva a prolongar la aplicación del tiempo de riego a 1.68 -2.30 h.

En las parcelas evaluadas en los sectores de Taiguaiguay y los Valles Tucutunemo presentan condiciones de presión del sistema adecuadas desde el punto de vista de diseño para el óptimo funcionamiento de los sistemas de riego por goteo, existen dos posibles factores que podrían estar influyendo en el buen funcionamiento

de estos sistemas el primero estaría representado por rupturas encontradas en la líneas de tubería P.E.A.D de diámetro 250 mm ubicadas en el sector Taiguaiguay específicamente en el sector Tamborón el cual se caracteriza por estar ubicado anterior a la entrada a las parcelas evaluadas, mientras que el otro factor identificado como el posible causante de la disminución de caudal y presión en las líneas evaluadas, corresponde a la acumulación de materia orgánica encontrada en los filtros de anillos y las galerías de las cintas de riego la cual cargada de microorganismos que generan la formación de sustancias mucilaginosas, que impiden el continuo flujo de agua a través de las líneas de riego y sistemas de filtrado. Este problema ha obligado a una gran cantidad de productores a realizar limpiezas periódicas cada 3 h mediante lavado de los filtros instalados en los sistemas de riego. En las Figuras 76 y 77 se pueden observar los elevados niveles de coliformes y materia orgánica que presentan las aguas provenientes del embalse Taiguaiguay la cual es empleada para la alimentación de las líneas de distribución de los sistemas de riego parcelarios.

Cuadro 47. Valores de Solidos Suspendidos Totales del Embalse de Taiguaiguay (SST).

	Medido En Embalse	Rango de Norma oficial
Periodo	SST (mg/L)	Estándar SST (mg/L)
Feb-11	27.00	50.00
May-11	156.00	00.00
Jul-11	60.00	00.00
Oct-11	173.00	1.00

Fuente: Resultados análisis físico -químicos y bacteriológicos. salida Embalse Taiguaiguay (Caño Aparo) (feb – oct 2011). Dirección Estatal Ambiental Aragua. Laboratorio de Calidad Ambiental (MARN)

Considerando los parámetros establecidos en las normas oficiales de calidad de agua en para el Lago de Valencia señaladas en el Dectreto N° 3219. Sobre normas para la clasificación y control de la calidad de las aguas en la cuenca del lago de Valencia, publicado en la Gaceta Oficial N° 5305, extraordinario del 1° de febrero de 1999. se logra establecer que Los Valores de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) se encuentran por encima de lo permitido en la norma oficial, lo cual explica la problemática encontrada en los sistemas de riego localizados, relacionadas principalmente con las obstrucciones generados por estos elementos organicos que impiden el optimo funcionamiento de filtros y emisores, Estas partículas suspendidas en las aguas destinadas a riego ayudan a la adhesión de metales pesados y otros compuestos tóxicos como pesticidas los cuales pueden ocasionar problemas de toxicidad debido a que son absorbidos por la zona radicular de la planta y por las hojas acumulándose en tejidos, en concentraciones que pueden provocar daños y reducir los rendimientos, Hay que aclarar que aunque los niveles de metales pesados, detergentes y herbicidas organoclorados presentes en el agua, están dentro del rango permitido para riego se está generando un problema a largo plazo por acumulación de los mismos en los suelos generando una disminución de su vocación agrícola.

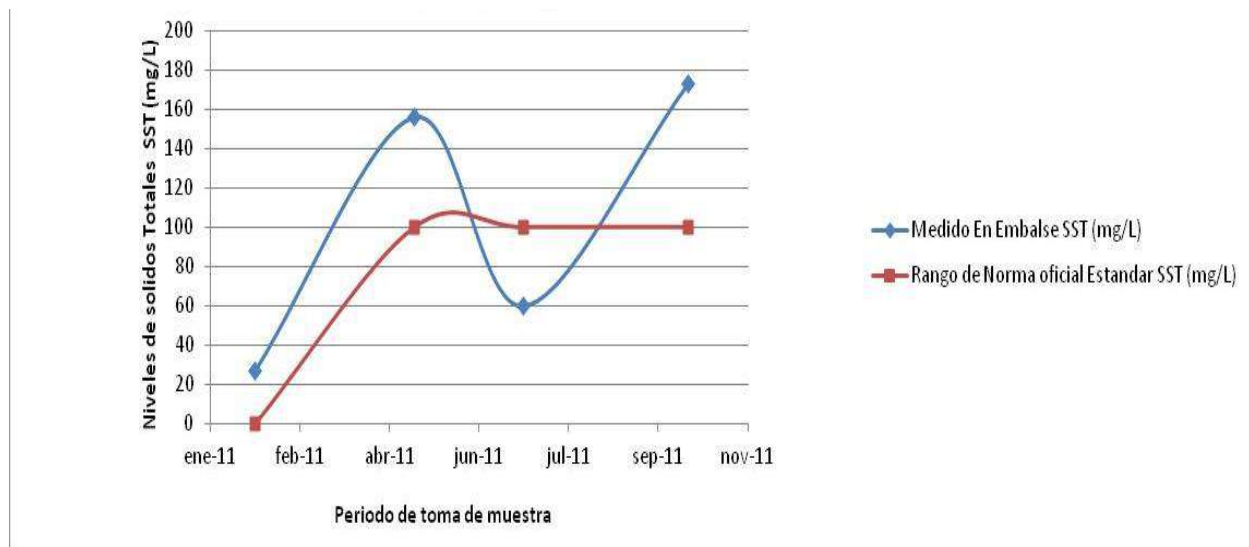


Figura 76. Valores de Solidos Suspendidos Totales (SST) medidos a la entrada del Embalse de Taiguaiguay Vs valores de la Norma oficial de Calidad de agua en Venezuela año 2011)

Cuadro 48. Valores de Coliformes totales y fecales del Embalse de Taiguaiguay.

Periodo	Medido En Embalse		Rango de Norma oficial	
	Colif. Totales	Colif. Fecales	Estandar Vegetales Colif. Totales NMP/100	Estandar Vegetales Colif. Fecales NMP/100
	NMP/100 ml	NMP/100 ml	ml	ml
Feb-11	3.500	3.500	1000	1000
May-11	2.400	2.400	1000	1000
Jul-11	3.500	3.500	1000	1000
Oct-11	2.400	2.400	1000	1000

Fuente: Resultados análisis físico -químicos y bacteriológicos. salida Embalse Taiguaiguay (Caño Aparo) (feb – oct 2011). Dirección Estatal Ambiental Aragua. Laboratorio de Calidad

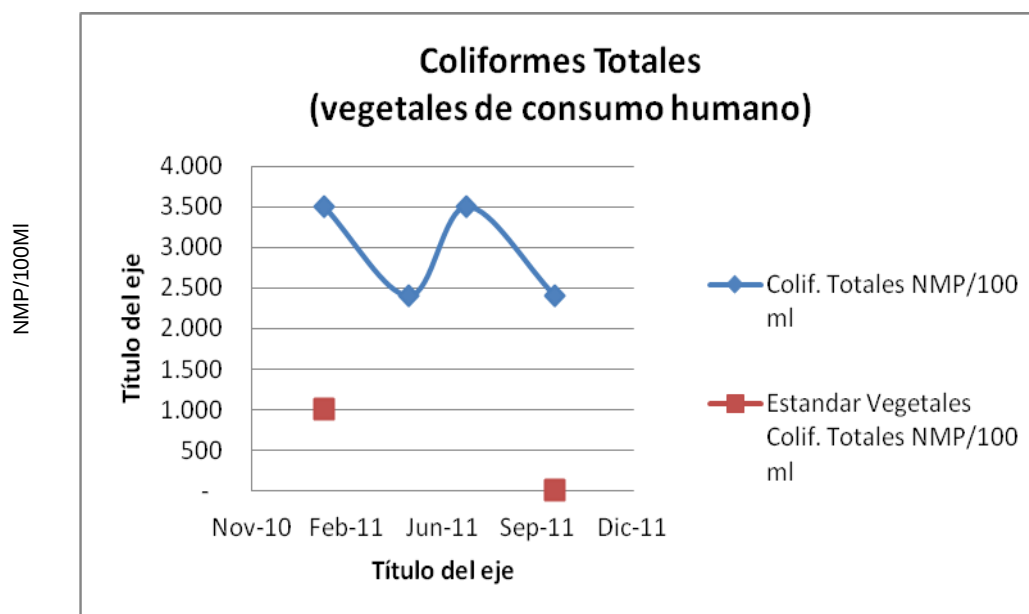
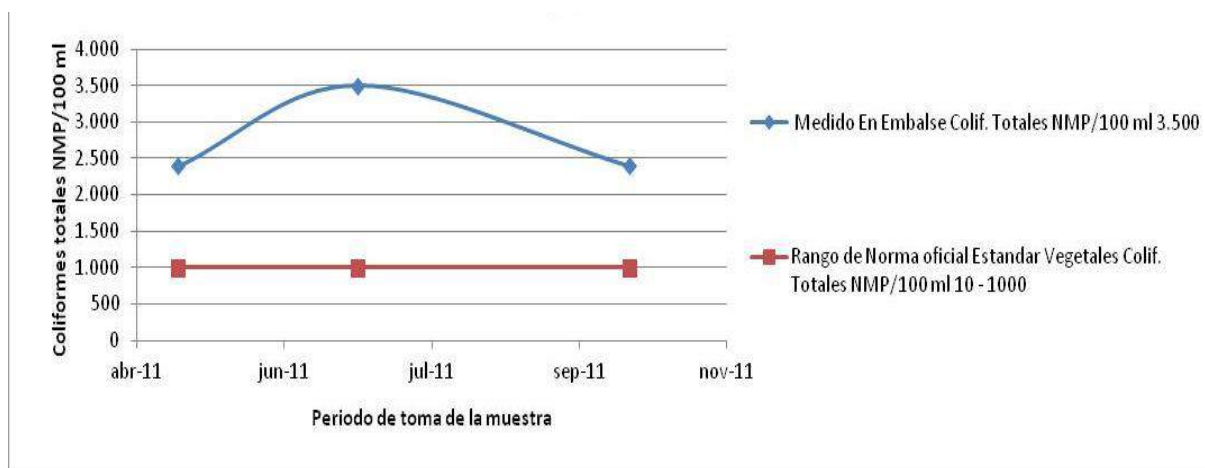


Figura 77. Valores de coliformes totales (NMP/100 ml) medidos a la entrada del Embalse de Taiguaguay Vs valores de la Norma oficial de Calidad de agua en Venezuela.

Otro factor considerado en el marco de la evaluación hidráulica y funcional de los sistemas de riego parcelarios que emplean el método de riego localizado, fue la evaluación a la variación de presión registrada en los diferentes tramos del sistema de riego, que van desde el punto de alimentación de la tubería acero carbono hasta llegar a su punto de descarga en las líneas regantes, En este sentido los resultados reportados en el Cuadro 46 permiten determinar cómo se genera una variación promedio de la presión de 46.8% para los distintos casos evaluados con un rango de valores que van de 35.2% a 57.0% sin embargo de acuerdo con datos reportados por Paz et al (2008) estos valores no deben ser superiores a una diferencia máxima del 20 %. no obstante existen dos factores que están influyendo en la generación de estos resultados; 1) cantidad de válvulas abiertas aguas arriba del sistema por otros usuarios al momento de la evaluación debido a que el sistema no cuenta con sistema de válvulas que permitan su la sectorización; 2) las rupturas generadas en la Tubería P.E.A.D de 200 mm de diámetro ubicadas en los sectores tamborón en el caso de Taiguaiguay y las rupturas encontradas en el sector de la hacienda el Ancón del valle de Tucutunemo el cual antecede a los sectores la Lagunita y La parte baja del Cortijo,

Los resultados obtenidos de presión y caudal permitieron el cálculo de indicadores de desempeño, entre ellos: Coeficiente de Uniformidad (CU) , Coeficiente de Distribución (CD) y el Coeficiente de Variación (CV) (Cuadro 46), en ellos podemos observar cómo a pesar de que se generó un resultados muy favorable en el funcionamiento de los sistemas en relación a la uniformidad del riego el cual lo califica como excelente sin embargo estos sistemas mostraron un desempeño muy inferior en cuanto a suficiencia de riego y en el comportamiento de las presiones a lo largo de las tuberías de conducción evaluadas; en las Figuras 78 -79 se puede observar como es el comportamiento de la presión del sistema en función de las longitudes de tubería recorridas por el agua empleada para el riego.

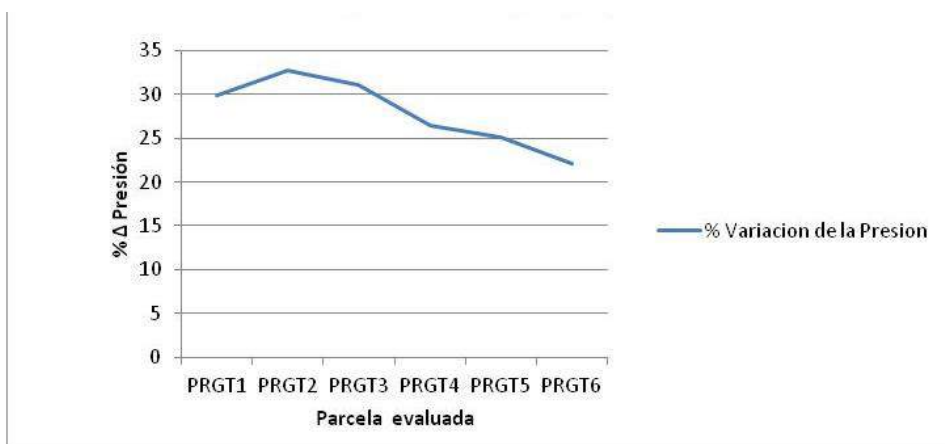


Figura 78. Variación (%) de pérdidas de carga a lo largo del recorrido ejercido por el agua para suplir de agua las parcelas evaluadas con riego por goteo en los sectores Mucura I y Mucura II en la zona de Taiguaiguay .



Figura 79. Variación (%) de pérdidas de carga a lo largo del recorrido para suplir de agua las parcelas evaluadas con riego por goteo en los sectores La Lagunita y parte baja del Cortijo en el sector valle de Tucutunemo.

A los fines de evaluar cómo se comportaba la capacidad de retención de humedad de los suelos en las distintas parcelas evaluadas con riego por goteo, se procedió a efectuar pruebas de humedad gravimétrica mediante diferencia de pesos entre el suelo húmedo a capacidad de campo y la caracterización textural de los suelos, encontrándose de esta manera los resultados que se presenta a continuación en los Cuadros 49-50.

Cuadro 49. Resultados obtenidos en análisis edafológico en las parcelas con riego por goteo en los sectores Múcura I y Múcura II del territorio Taiguaiguay.

Sector	Parcela	Profundidad de muestreo (m)	Textura	Da g/cm ³	Peso Húmedo	Peso Seco	% de humedad Gravimétrica
Taiguaiguay	PRGT1	0.00 - 0.20	Franco Arcilloso	1.32	120.24	85.2321	41.0736
		0.20 - 0.40	Franco Arcilloso	1.33	170.4341	110.2524	54.5854
	PRGT2	0.00 - 0.20	Franco Arcilloso	1.28	135.4247	93.2524	45.2238
		0.20 - 0.40	Franco Arcillo Limoso	1.27	136.5854	90.5856	50.7805
	PRGT3	0.00 - 0.20	Franco Arcillo limoso	1.26	142.3536	100.2528	41.9946
		0.20 - 0.40	Franco	1.42	150.3639	110.5498	36.0146
	PRGT4	0.00 - 0.20	Franco Arcilloso	1.29	182.3697	120.4879	51.3593
		0.20 - 0.40	Franco Arcilloso	1.28	120.24	85.2321	41.0736
	PRGT5	0.00 - 0.20	Arcilloso	1.23	170.4341	110.2524	54.5854
		0.20 - 0.40	Arcilloso	1.24	135.4247	93.2524	45.2238
	PRGT6	0.00 - 0.20	Franco	1.41	150.3639	110.5498	36.0146
		0.20 - 0.40	Franco	1.43	145.2624	120.4879	20.5618

Cuadro 50. Resultados obtenidos en análisis edafológico en las parcelas con riego por goteo de los sectores La Lagunita y el Cortijo del territorio Valles de Tucutunemo.

Sector	Parcela	Profundidad de muestreo (m)	Textura	Da g/cm ³	Peso Húmedo	Peso Seco	% de humedad Gravimétrica
Valle de Tucutunemo	PRGT1	0.00 - 0.20	Franco	1.45	120.2400	98.2527	22.3783
		0.20 - 0.40	Franco Limoso	1.31	156.2426	110.2589	41.7052
	PRGT2	0.00 - 0.20	Franco	1.42	136.3534	108.2729	25.9349
		0.20 - 0.40	Franco	1.43	165.5847	133.2529	24.2635
	PRGT3	0.00 - 0.20	Franco	1.44	194.2836	163.6548	18.7155
		0.20 - 0.40	Franco Arcillo Limoso	1.32	184.2524	122.3567	50.5863
	PRGT4	0.00 - 0.20	Franco	1.41	165.2528	137.2624	20.3919
		0.20 - 0.40	Franco arcillo Limoso	1.33	184.5957	132.5854	39.2278
	PRGT5	0.00 - 0.20	Franco	1.39	145.6968	121.5658	19.8502
		0.20 - 0.40	Franco Arcillo Limoso	1.26	178.2546	125.6354	41.8825

De acuerdo con los resultados expresados en los cuadros anteriores se puede observar cómo se presenta dentro del límite de los primeros 40 cm de profundidad en los suelos de las parcelas seleccionadas para el estudio en los territorios Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo, suelos con horizontes de texturas predominantemente Arcillosas y Franco Arcillo Limosas, al considerar el parámetro textural en relación a los niveles de humedad obtenidos en la prueba gravimétrica se puede establecer que las características textural de los distintos suelos influyen en el grado de retención de humedad siendo para el caso específico de los suelos de los sectores evaluados en Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo, niveles de retención de humedad registrados en 54.6% para el caso de los suelos Franco Arcillo Limoso hasta un 19.9% para el caso de los suelos Francos, es de considerar que estos suelos han sido sometidos a tratamientos de riego con métodos caracterizados por emplear bajo caudal y alta frecuencia de riego lo cual permite alcanzar una mayor retención de humedad en el perfil de los suelos, lo cual nos permite establecer que en relación a los niveles de humedad alcanzado en aquellos suelos evaluados en el método de riego por aspersión con texturas similares a las encontradas en los sectores hacienda Tamarindo y Hacienda el Ancón, se observa cómo se presenta una sustancial diferencia en relación a la forma de aplicación del agua por el método de riego; permitiendo al riego por goteo un mayor aprovechamiento del agua proveniente del sistema.

Caracterización edafológica de texturas de muestras de suelo de las parcelas evaluadas con riego por goteo.

A continuación en el Cuadros 69 se presenta la caracterización física de textura de los suelos analizados mediante muestras extraídas en profundidades de 0.00 - 0.20 m y 0.20 – 0.40 m con promedio de toma de muestra a 0.10 y 0.30 m de profundidad respectivamente.

Cuadro 51. Resultados de análisis granulométricos realizado a las muestras de suelo en las parcelas con riego por goteo en los sectores Múcura I y Múcura II de Taiguaiguay.

Parcela	Profundidad de muestreo	Arcilla	Limo	arena	amf	af	am	ag	amg	Clasificación textural
PRGVT1	0,00 -0,20	18	38	44	6	9	7	9	13	Franco
	0,20 -0,40	27	53	20	15	4	1	0	0	Franco Limoso
PRGVT2	0,00 -0,20	30	36	34	10	9	5	3	7	Franco
	0,20 -0,40	16	39	45	3	9	9	9	15	Franco
PRGVT3	0,00 -0,20	32	35	33	12	9	6	3	3	Franco
	0,20 -0,40	37	54	9	7	2	0	0	0	Franco Arcillo Limoso
PRGVT4	0,00 -0,20	31	32	37	10	11	7	5	4	Franco
	0,20 -0,40	41	39	20	11	4	3	1	1	Franco arcillo Limoso
PRGVT5	0,00 -0,20	41	40	19	10	4	2	1	2	Franco
	0,20 -0,40	41	40	19	7	8	4	0	0	Franco Arcillo Limoso

Estrategias orientadas a mejorar el funcionamiento de los sistemas de distribución primario y secundario de agua para riego derivada del sistema trasvase Taiguaiguay - Tucutunemo y funcionamiento de los sistemas de riego parcelario evaluados en los sectores de Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo.

Con los resultados obtenidos de la valoración realizada en los distintos componentes del sistema de riego alimentado del trasvase Taiguaiguay Valles de Tucutunemo a los fines de establecer mejoras de funcionamiento hidráulico y funcional de la obra. se propone el desarrollo de las siguientes estrategias de carácter técnico y social.

Actualmente un elevado número de productores beneficiados por el sistema de riego, desconocen las condiciones actuales de funcionamiento de la obra, así como el alcances del sistema; inicialmente construido para abastecer la demanda de agua destinada al riego parcelario en una primera fase en los territorios Taiguaiguay y Valles de Tucutunemo, En este sentido se propone a los fines de mitigar los impactos generados por esta situación la aplicación de las siguientes metodologías:

1.1 Incorporar a las organizaciones de productores que conforman los diferentes sectores regantes beneficiados por la primera fase del sistema de riego Taiguaiguay - Valles Tucutunemo a una serie de jornadas informativas sobre la situación y

condiciones actuales que presentan las instalaciones que integran la obra del sistema de riego, dichas jornadas deberán ser dictadas por personal técnico de las instituciones públicas encargadas de la administración y desarrollo de los sistemas de evacuación de aguas con fines de saneamiento y riego en la zonas identificadas en este trabajo, para este caso en particular representados por INDER ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras y Oficina Ejecutora del Proyecto Lago de Valencia, adscrito al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.

1.2 Generar un plan de manejo del sistema integrado que involucre los representantes de las organizaciones de productores y los representantes de las instituciones (cuadrillas técnicas) encargados de la administración del sistema en el cual se definan las medidas de supervisión que serán adoptadas para el correcto manejo de la obra entre ellas:

1.2.1 Establecer el número máximo de válvulas que deben operar simultáneamente en cada sector (de acuerdo con los cálculos realizados en esta investigación no debe ser superior a 13 válvulas por turno de riego).

1.2.2 Establecer un procedimiento que permita manejo y control de los tiempos de apertura y cierre de válvulas reguladoras de presión a los fines de disminuir la incidencia de rupturas de tuberías P.E.A.D.

1.2.3 Establecer los tiempo de servicio por sector para el manejo del riego según turno de abastecimiento correspondiente al sector, con especial énfasis en los sectores del territorio Taiguaiguay en el cual uno de los objetivos fundamentales del programa de riego es reducir los niveles de escorrentía de las agua drenadas por las actividades regantes hacia el vaso del embalse Taiguaiguay a los fines de garantizar la evacuación del mayor volumen posible de agua hacia la cuenca del rio Tucutunemo.

1.3 Instalar un conjunto de 15 válvulas sectorizadoras de 250 mm de diámetro interno soterradas a nivel de las líneas de distribución principales de 200 - 250 mm que permitan limitar el acceso al agua enviado a los sectores programados para el riego así como la creación de una combinación de apertura y cierre de líneas que permita maximizar el aprovechamiento de las presiones existente en el sistema y crear un

código de seguridad mecánico para la apertura y cierre de válvulas para la protección de la obra.

1.4 Instalar válvula de compuerta de acero 36 " de diámetro para controlar el paso del caudal de 1500 L.s^{-1} en el sector el Ancón del valle de Tucutunemo a los fines de establecer un punto de control para el cierre general del sistema para mejorar las condiciones de ejecución en los programas de mantenimiento.

1.5 Fortalecer y ampliar las medidas de seguridad relacionadas con el acceso de personal a las instalaciones relacionadas con las fosas de captación ubicadas en el sector Hacienda El Ancón del valle de Tucutunemo a los fines de disminuir el riesgo de ahogamiento de este personal por no contar con los implementos y equipos necesarios de seguridad (arneses, líneas de vida y equipo para levantamiento de carga pesada) para las operaciones en las instalaciones de capitación.

1.6 Instalar contadores volumétricos en la entrada de cada sector a los fines de establecer puntos de control que permitan medir el consumo de agua para cada sector.

1.7 Establecer una estructura organizativa y administrativa de carácter gubernamental (empresa de riego) que permita el cobro de los volúmenes de agua empleado para el riego por cada sector a los fines de generar un fondo de restablecimiento de los recursos financieros que deberán ir destinados a cubrir los costos de mantenimiento y reposición de equipos y accesorios en el sistema de riego.

1.8 Conformar un centro de control de operaciones en un punto concéntrico de los Territorio Taiguaiguay - Valles de Tucutunemo que permita disminuir el tiempo de respuesta en la movilización de los equipos de trabajo hasta los puntos de atención requeridos por el sistema de riego.

CONCLUSIONES

- 1) El Sistema de Información Geográfico (SIG) generado permite la identificación y ubicación de los diferentes elementos de carácter Físico, técnicos y social que integran el proyecto de riego Taiguaiguay - Valles Tucutunemo, de igual modo establece la creación de una primera plataforma o base cartográfica para el desarrollo de futuras investigaciones en estos territorios.
- 2) La evaluación realizada al sistema de conducción y distribución para el suministro de agua para riego de 1800 ha en los territorios Taiguaiguay y Valle de Tucutunemo, presenta a lo largo de su recorrido numerosas rupturas, la mayoría inducidas por factores externos al sistema y otras relacionadas con un mal manejo de la apertura y cierre de válvulas principales de control, lo cual ha generado un aumento sustancial en las pérdidas de carga cercana a la 32% en relación al rango de 2 – 3 % que debería presentar el sistema en condiciones normales de funcionamiento, afectando ello los niveles de entrega de caudal y presión de las líneas de los distintos sectores, lo cual disminuye en más de un 10% la capacidad del sistema para el cumplimiento de la entrega de los volúmenes demandados por los productores. De igual modo esto afecta los niveles de potencia empleados en la planta de bombeo Taiguaiguay ya que solo alcanzan un 77% de la capacidad de potencia demandada por el sistema.
- 3) La evaluación hidráulica y funcional de los de los sistemas de riego parcelarios que emplean el método de riego por aspersión y son alimentados por agua proveniente de las líneas de distribución de la obra trasvase Taiguaiguay Valles de Tucutunemo, arrojaron como resultados en Taiguaiguay un Coeficiente de uniformidad de distribución de riego calificado como aceptable en un 50%. bueno 30% y excelente en un 20 % de los casos; mientras en el Valle de Tucutunemo del territorio los Coeficiente de Uniformidad de Distribución obtenidos en la evaluación del riego por aspersión fueron clasificados para siete parcelas evaluadas como son aceptables en

un 57% de los casos e inaceptables en un 43% de los casos, El principal factor determinante en la obtención del bajo desempeño en la distribución del agua y presiones se debe a la existencia de rupturas generadas en líneas de distribución.

4) La evaluación hidráulica y funcional de los sistemas de riego por goteo en los territorios Taiguaiguay y valles de Tucutunemo presentaron valores de Coeficientes de Uniformidad que permiten identificar el funcionamiento de los sistemas de riego evaluados como excelente ya que la mayoría de estos índices se encuentra por encima del 90% sin embargo los cálculos realizados muestran un Coeficiente de Distribución y consumo del caudal con nivel ubicado muy por debajo de lo establecido en las especificaciones de las cintas evaluadas.

5) El sistema de riego Taiguaiguay - Valle de Tucutunemo posee la capacidad de prestar servicios a 400 productores, en este sentido las estrategias para mejorar el funcionamiento del sistema de riego deben estar direccionadas a la consolidación de las instalaciones faltantes en la obra, así como a la conformación de estructuras organizativas de productores mediante la creación de unidades regantes que permitan diseñar poligonales de trabajo en el marco de las operaciones de riego en los sectores beneficiados.

RECOMENDACIONES

- 1) Efectuar evaluación hidráulica y funcional de los sistemas de riego parcelario ubicados en los sectores Tamborón, Las Majadas, Casa blanca y Santa María del territorio Taiguaiguay alimentados con agua proveniente de la obra trasvase Taiguaiguay - Valles de Tucutunemo, dado que debido a inoperatividad de las líneas de distribución de estos sectores para el momento de ejecución de este trabajo no pudo ser efectuada la evaluación de los sistemas parcelarios de los sectores antes mencionados.
- 2) Efectuar un estudio técnicos para el desarrollo de ingeniería de detalle a los fines de mejoramiento de las obras hidráulicas (instalación de válvulas sectorizadoras, ventosas, válvulas de control global de sectores beneficiados por el sistema, Instalación de puntos adicionales para la supervisión y regulación de las sobrepresiones en las líneas principales de distribución).
- 3) Efectuar un estudio detallado de la calidad del agua proveniente del embalse Taiguaiguay a los fines de establecer una propuesta técnica para el desarrollo de un sistema de ingeniería de filtrado que permita mejorar la calidad del agua empleada para el riego en cuanto a la cantidad de sólidos totales que se encuentran inmersos en esa fuente hídrica y que en la actualidad causas serias distorsiones en el funcionamiento de los sistemas de riego parcelario por goteo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acosta. H. R.. 1982. Metodología para analizar el efecto del viento en sistemas de riego por aspersión. Tesis de Maestría. Centro de Hidrociencias. Chapingo. Edo. De México. 169 p.

Acipco 2003. Manual internacional de tuberías. Datos de ingeniería y consideraciones técnicas. 3 era edicion. USA.

BID Banco Interamericano de Desarrollo 2011. Manual de evaluación de sistema de bombeo de agua publicado por el. Primera edición.

Bralts V.. F.. P. Wu I. y M. Gitlin H.. 1981. Drip irrigation uniformity considering emitter plugging. transactions of the ASAE 24(5): 1234-1440.

Bos. M.. Nugteren. J. (1990).On irrigation efficiencies. ILRI publication Nº 19.

Buendia. J. 2006.Importancia de la evaluación hidráulica en los sistemas de riego.

Carrillo. V. H. 2003. Elementos básicos de riego presurizado. Versión preliminar. Plásticos Rex. Cydsa. México. D.F.

Cisnero . F 2008. Utilización de la infiltración lateral (Subsupefricial) en terrenos de alta pendiente mayores a 12% como método de riego alternativo. PROMAS . Programa para el manejo del agua y del suelo. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca. Ecuador

Chambouleyron. J.. Taboada. E.. Prieto. D.. ed. (1994). Seminario Nacional. Situación actual y perspectivas de las áreas regadas en Argentina. Tucumán. Argentina.

Clemmens. A.J.1991. "Irrigation uniformity relationships for irrigation system Management.

Castañón. G. 2000. Ingeniería del riego. Utilización racional del agua. Editorial. Paraninfo. España. Página 206.

Chacin. L .2000. Diseño y análisis de experimentos. Ediciones del Vicerrectorado Académico de la Universidad Central de Venezuela. Caracas Venezuela.385 p.

Decreto N° 7.279. Proyecto Agrario Socialista De Consolidación De Los Valles Tucutunemo Y Taiguaiguay. Gaceta Oficial Republica de Bolivariana de Venezuela N° 39.377. del 02 de marzo del 2010. Pag 2. Imprenta Nacional. Caracas - Venezuela.

Decreto N° 3.498. Emergencia Cuenca Del lago de Valencia. Gaceta Oficial Republica de Bolivariana de Venezuela N° 38.134. del 24 de febrero del 2005. Pag 6. Imprenta Nacional. Caracas - Venezuela.

Dectreto N° 3219. Normas para la clasificación y control de la calidad de las aguas en la cuenca del lago de Valencia .Gaceta oficial N° 5305. extraordinario del 1° de febrero de 1999. Imprenta Nacional. Caracas Venezuela.

Dectreto N° 883. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de aguas y vertidos o efluentes líquidos .Gaceta oficial N° 35.445. extraordinario del 22 de abril de 1994. Imprenta Nacional. Caracas Venezuela.

FAO. 1990. Programación del riego. Manual de campo Núm. 24. Roma. Italia.

Goldhamer. D. 2001. Irrigation scheduling protocols using continuously Recorded trunk diameter measurements. Irrigation Science. 20 (3): 115-125.

Grassi. C. 1975. Método de riego. Mérida. Venezuela. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras.

Gerben. G. 1991. Concepción campesina de gestión de agua en los sistemas de riego. Editorial IICA. Lima - Perú.

Guirovich L. 1985. Fundamento y diseño de los sistemas de riego. IICA. San José. Costa Rica.433p

Hernández. O. 1992. Manual de riego por aspersión. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas.

Ibañes . A. 2010. Características del Infiltrómetro de doble anillo, (Anillo de Munz).Documento Guía Práctica, Escuela Superior de Ingenieros Agronomos.Universidad Politécnica de Valencia.

Journal of Irrigation and drainage engineering. Vol. 117. Nº 5. September-October. 1991. pp.682-699.

Jaimes. E. 1989. Acciones para una solución integral de la problemática ambiental de la cuenca del Lauperior de ingenieros agronomos go de Valencia. Revista Geográfica Venezolana. volumen XXX. año 1989. editada por el Instituto de Geografía y de Conservación de los Recursos Naturales. de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. de la Universidad de Los Andes. Venezuela.

Karmelli. D (1974). . Trickle Irrigación desing 132 pp. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation. C.A . USA

Moribito. J. 2008. Evaluación De Campo Al Riego De Los Agricultores: Casos Prácticos Y Ventajas Para La Difusión De La Tecnología Apropiaada; Asesoramiento a los regantes para modernización de los regadíos y su ambientalidad. Jornadas Sobre "Ambiente Y Riegos: Modernización Y Ambientalidad". La Antigua (Guatemala). 11 Al 14 De Agosto De 2008.Red Riegos. CYTED Y AECID.

Mott. R. 1996. Mecánica de Fluidos Aplicada. 4ed. Mexico DF.Ediciones Pretince Hall.

Meneses J. 2000. Determinación de parámetros de diseño y operación del riego por gravedad en el cultivo de la caña de azúcar. Tesis Instituto de investigaciones del arroz. Habana. Cuba. 51 pp.

Merrian. J. 1980. Use of the advance ratio for furrow irrigation design. Saint Joseph. Michigan. American Society of Agricultural Engineers.

Larragaña. E. 1977. Guía de riego para la Provincia de Ñuble. Chillan. Chile. Universidad de Concepción. Escuela de Agronomía. 55p

Levi .E. (1965). Mecanica de los fluidos . Universidad Nacional Autónoma de Mexico.¿

Martinez. N. 1987. Experiencias de riego. Chiongazo - Pungalez - Ecuador. Debate de riego en los andes ecuatorianos.Nº 14. Quito - Ecuador.

Norton. D. 2004. Políticas de desarrollo agrícola conceptos y principios. Manual de capacitación en políticas agrícolas y alimentarias. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). roma 2004.

Olivo . Y .2008. Evaluación de un sistema de riego por goteo en un cultivo de melón (*Cucumis. melo.L*). en una finca ubicada en el sector corral viejo en el municipio el Socorro. Estado Guárico. Venezuela. Tesis de grado Facultad de Agronomía . Universidad Central de Venezuela. Caracas Venezuela.

Paz. M. E et al 2008. Relevamiento De Áreas Bajo Riego Presurizado En La Provincia De San Juan Y Confección De Un Sig . Instituto de Investigaciones Hidráulicas – Universidad Nacional de San Juan. Urquiza 91 norte – San Juan Argentina.

Perez J. 2002. Apliaccion de redes neuronales artificiales y técnicas SIG para la predicción de cobertura forestal. Revista Chipango. Serie ciencias Forestales y del Ambiente. pag 8 V(1).

Riego por aspersión 1972 Soil Conservation Service (SCS-USDA). Editorial Diana. México.

Schilardi. C. 2010. Desempeño del riego por superficie en el área en la cuenca del rio Tunuyan. Superior Mendoza Argentina. Tesis de grado apara maestría de riego y drenaje universidad nacional del Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias. Provincia de Mendoza Argentina.

Tayupanda .B. 2009. Elaboración de una propuesta metodológica particular para la tecnificación del riego parcelario en la zona de Ceceles. Tesis de Grado. Escuela superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Rieomba - Ecuador.

UMAN. Ingeniería del riego y el drenaje 1979.

Valtic. 2009. Catalogo de Tuberías.

https://issuu.com/valticweb/docs/catalogo_polietileno_marzo_2011

Vega. G.C 1978. Evaluación de un sistema de riego por aspersión y estudio de escorrentía y erosión en el área Misteque. Mucuchies Estado Mérida. Venezuela. Tesis Para Optara Al Grado De Magister Scientiae En Suelo Y Riego. Centro Interamericano Para El Desarrollo Integral De Aguas Y Tierras Universidad De Los Andes.

Villafañe .R. 2007 Evaluación de un sistema de riego por goteo en un huerto de lechosa (Caricapapaya L.) considerando tanto la uniformidad de descarga de los emisores como la respuesta del cultivo a las dosis de nitrógeno aplicadas vía fertirriego. Separata Pag 12. Facultad De Agronomía Universidad Central De Venezuela. Maracay Venezuela. Pagina Web Revisada En Fecha 10 De Abril Del 2012.

Villarroel .F. 1981. Antecedentes bibliográficos sobre diseño, evaluación y manejo de riego por surcos. Chillan. Chile. universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. 96 p.

Wagner. M. Et al. 1986. Efecto de dos periodos de riego y tres dosis de fertilización en el comportamiento del cultivo caraota en los valles de Taiguaiguay I. FONAIAP. Centro Nacional de Investigaciones agropecuarias. Apdo. 4653. Maracay 2101. Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. Pequeño Sistema de Riego Suata-Taiguaiguay. Agronomía Tropical. 37(4-6): 5-22. Maracay - Venezuela.

WAGNER. M.; R. GUEVARA y H. PACHECO. 1984. Evaluación de dos métodos de riego en el sistema de riego Suata-Taiguaiguay. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ven.) 30 p.

[www//http.Isa.Utl.Pt/Cyted/Mexico2006/.../22_Jbuendial_Mexico.Pdf.](http://www.isa.utl.pt/Cyted/Mexico2006/.../22_Jbuendial_Mexico.Pdf)

[www//http.isa.utl.pt/cyted/2007/ecuador2007/9_Villafane.pdf](http://www.isa.utl.pt/cyted/2007/ecuador2007/9_Villafane.pdf)