

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola



**EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN EN RIEGO
POR ASPERSIÓN CON LÍNEA LATERAL UNITARIA EN EL DISTRITO HUAMBO,
PROVINCIA CAYLLOMA, REGIÓN AREQUIPA.**

Tesis presentada por la Bachiller:

Durand Rojas, Giandrelly

Para optar el Título Profesional de

Ingeniero Agrónomo

Asesor: Ing. **Coloma Dongo, Froy**

Arequipa – Perú

2017

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
URB. SAN JOSE S/N - UMACOLLO

**DICTAMEN DE BORRADOR DE TESIS
(Jurado)**

Señor
Ing. FROY COLOMA DONGO
Director del P.P. de Ingeniería Agronómica
Presente.-

Mediante el presente, comunicamos a usted., que se ha procedido a revisar el BORRADOR de Tesis titulado:

**“EVALUACION DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE
CHRISTIENSEN EN RIEGO POR ASPERSION CON LINEA LATERAL
UNITARIA EN EL DISTRITO HUAMBO PROVINCIA CAYLLOMA, REGION
AREQUIPA”**

Presentado por el bachiller: **GIANDRELLY DURAND ROJAS**
Asesor: **Ing. Froy Coloma Dongo**

El jurado Dictaminador presidido por **Ing. Jorge Zegarra Flores; Ing. Humberto Stretz Chavez, Ing. Hugo Obando Concha**

DICTAMINAN

Procede a la sustentación

OBSERVACIONES

Sin observaciones

Arequipa, 21 de Noviembre de 2012


Ing. Jorge Zegarra Flores


Ing. Hugo Obando Concha


Ing. Humberto Stretz Chavez

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por ser la fuerza para seguir adelante, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante toda mi etapa de estudio.

Con especial consideración a Ing. Jorge Zegarra Flores, Ing. Froy Coloma Dongo, por haber compartido sus conocimientos y dedicación a lo largo de mi formación profesional.

Agradezco con mucho cariño a Ing. José Pinto Villanueva por su orientación y paciencia, ser mi guía en todo el proceso de esta investigación, así como a Ing. Willy Chancafe Rodríguez por su apoyo y amistad.

A todos mis docentes que contribuyeron en mi crecimiento personal y profesional de forma ética.

Sencillo no ha sido el proceso, no lo hubiera logrado sin el apoyo incondicional de mi Familia, mi principal motivación Celestina Flores Vda. De Rojas por ser más que una madre y darme las palabras de confianza para lograr mis objetivos con éxito.

A Gilbert Santos Lazo por su compromiso y sincera amistad, gracias a la coordinación de Hugo Huamán Huamani y la familia Yapó por su recibimiento y atención.

A mis amigos y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de esta Investigación.

Gracias

DEDICATORIA

Dedico el presente con todo cariño a "MIGUEL EDUARDO TORRES BARRIGA" por permitirme aprender más de la vida a tu lado.



ÍNDICE

ÍNDICE	II
LISTA DE CUADROS	VI
LISTA DE GRÁFICOS	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	XIV
LISTA DE PLANOS	XVI
LISTA DE ANEXOS	XVII
RESUMEN	XVIII
SUMMARY	
CAPITULO I	
1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.	3
1.3. HIPÓTESIS	5
1.4. OBJETIVOS	5
CAPITULO II	
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. ANTECEDENTES	6
2.2. RIEGO POR ASPERSIÓN	6
2.3. TERMINOLOGÍA EMPLEADA EN LOS SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO	7
2.4. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	9
2.5. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS ASPERSORES	16
2.6. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN	20
2.7. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN	21
2.8. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	22
2.9. UNIFORMIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA	24
2.9.1. Medición de la distribución del agua por los aspersores	24
2.9.1.1. Ensayo de un aspersor único	25
2.9.1.2. Ensayo de línea lateral unitaria	26
2.9.1.3. Ensayo de línea lateral operadas simultáneamente	27

2.9.2. Presentación de los datos	27
2.9.3. Análisis de la Uniformidad de la distribución del agua	28
2.9.3.1. Coeficiente de Uniformidad (CU)	28
2.9.3.2. Uniformidad de distribución (DU)	30
2.9.3.3. Coeficiente de riego (SC "Sheduling Coefficient")	31
2.10. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS	32
CAPITULO III	
3. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	35
3.2. VÍAS DE COMUNICACIÓN A LA ZONA DEL PROYECTO	37
3.3. CLIMATOLOGÍA	38
3.4. RECURSO AGUA	40
3.5. RECURSO SUELO	40
3.6. FECHA DE EJECUCIÓN	41
3.7. MATERIALES	41
3.7.1. Materiales utilizados	41
3.7.1.1. Materiales de campo	41
3.7.1.2. Materiales de escritorio	42
3.7.2. Metodología seguida	42
3.7.3. Procedimiento de la evaluación	43
3.7.4. Componentes en estudio	44
3.7.5. Croquis del área en estudio	44
3.7.6. Evaluaciones realizadas	45
3.8. PROYECTO DEL GRUPO DE GESTIÓN EMPRESARIAL ABRAMPAMPA	45
3.8.1. Análisis de suelo Abrampampa	46
3.8.2. Análisis de agua Abrampampa	47
3.8.3. Descripción de los componentes del Sistema de Riego Abrampampa	48
3.8.4. Determinación del Coeficiente de Uniformidad en el Sector de Riego Abrampampa	51
3.9. PROYECTO DEL GRUPO DE GESTIÓN EMPRESARIAL STAFF	54
3.9.1. Análisis de suelo Staff	55
3.9.2. Análisis de agua Staff	56
3.9.3. Descripción de los componentes del Sistema de Riego Staff	57
3.9.4. Determinación del Coeficiente de Uniformidad en el Sector de Riego Staff	60

3.10.PROYECTO DEL GRUPO DE GESTIÓN EMPRESARIAL LA PONDEROSA	64
3.10.1. Análisis de suelo La Ponderosa	65
3.10.2.Análisis de agua La Ponderosa	66
3.10.3.Descripción de los componentes del Sistema de Riego La Ponderosa	67
3.10.4.Determinación del Coeficiente de Uniformidad en el Sector de Riego La Ponderosa	70
3.11.PROYECTO DEL GRUPO DE GESTIÓN EMPRESARIAL CHIPICPITA	74
3.11.1.Análisis de suelo Chipicpita	75
3.11.2.Análisis de agua Chipicpita	76
3.11.3.Descripción de los componentes del Sistema de Riego Chipicpita	77
3.11.4.Determinación del Coeficiente de Uniformidad en el Sector de Riego Chipicpita	81
3.12. ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	84
CAPITULO IV	
4.RESULTADOS	85
4.1. EVALUACIONES EN EL SECTOR ABRAMPAMPA (HUAMBO)	85
4.1.1. Presión	85
4.1.2. Viento	86
4.1.3. Temperatura	87
4.1.4. Humedad Relativa	88
4.1.5. Altura de elevadores	89
4.1.6. Características de los aspersores	89
4.1.7. Descarga de los aspersores	89
4.1.8. Coeficiente de Uniformidad de Christiansen	90
4.2. EVALUACIONES EN EL SECTOR STAFF (HUAMBO)	96
4.2.1. Presión	96
4.2.2. Viento	97
4.2.3. Temperatura	98
4.2.4. Humedad Relativa	99
4.2.5. Altura de elevadores	100
4.2.6. Características de los aspersores	100
4.2.7. Descarga de los aspersores	100
4.2.8. Coeficiente de Uniformidad de Christiansen	101
4.3. EVALUACIONES EN EL SECTOR DE LA PONDEROSA (HUAMBO)	106

4.3.1. Presión	106
4.3.2. Viento	107
4.3.3. Temperatura	108
4.3.4. Humedad Relativa	109
4.3.5. Altura de elevadores	110
4.3.6. Características de los aspersores	110
4.3.7. Descarga de los aspersores	110
4.3.8. Coeficiente de Uniformidad de Christiansen	111
4.4. EVALUACIONES EN EL SECTOR CHIPICPITA (HUAMBO)	116
4.4.1. Presión	116
4.4.2. Viento	117
4.4.3. Temperatura	118
4.4.4. Humedad Relativa	119
4.4.5. Altura de elevadores	120
4.4.6. Características de los aspersores	120
4.4.7. Descarga de los aspersores	120
4.4.8. Coeficiente de Uniformidad de Christiansen	121
CAPITULO V	
5.DISCUSIÓN	129
CAPÍTULO VI	
6.CONCLUSIONES	145
CAPÍTULO VII	
7.RECOMENDACIONES	149
CAPÍTULO VIII	
8.BIBLIOGRAFÍA	150

LISTA DE CUADROS

CUADRO 01.	Espaciamiento de aspersores en condiciones de viento.	24
CUADRO 02.	Situación de los Proyectos de los GGERT (Huambo)	37
CUADRO 03.	Datos climáticos de Huambo-Chivay	39
CUADRO 04.	Topografía y profundidad de suelos de Huambo-Chivay	40
CUADRO 05.	Análisis de suelo GGE Abrampampa	46
CUADRO 06.	Análisis de agua GGE Abrampampa	47
CUADRO 07.	Análisis de suelo GGE Staff	56
CUADRO 08.	Análisis de agua GGE Staff	57
CUADRO 09.	Análisis de suelo GGE La Ponderosa	66
CUADRO 10.	Análisis de agua GGE La Ponderosa	67
CUADRO 11.	Análisis de suelo GGE Chipicpita	76
CUADRO 12.	Análisis de agua GGE Chipicpita	77
CUADRO 13.	Presión medida durante las evaluaciones (bar) en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Abrampampa. Huambo.	85
CUADRO 14.	Velocidad y Dirección del viento (m/s) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Abrampampa. Huambo.	86
CUADRO 15.	Temperatura (°C) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Abrampampa. Huambo.	87
CUADRO 16.	Variación de la Humedad Relativa (%) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Abrampampa. Huambo.	88
CUADRO 17.	Descarga de los aspersores (l/h) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Abrampampa. Huambo.	90

CUADRO 18.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Abrampampa en el horario de 06.00 horas a 08.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Abrampampa. Huambo.	92
CUADRO 19.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Abrampampa en el horario de 12.00 horas a 14.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.	93
CUADRO 20.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Abrampampa en el horario de 18.00 horas a 20.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Abrampampa. Huambo.	94
CUADRO 21.	Presión medida durante las evaluaciones (bar) en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.	96
CUADRO 22.	Velocidad del viento y dirección del viento (m/s) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.	97
CUADRO 23.	Temperatura (°C) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.	98
CUADRO 24.	Variación de la Humedad Relativa (%) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.	99
	Descarga de los aspersores (l/hora) medida durante las	

CUADRO 25.	evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.	100
CUADRO 26.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Staff en el horario de 06.00 horas a 08.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.	102
CUADRO 27.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Staff en el horario de 12.00 horas a 14.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.	103
CUADRO 28.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Staff en el horario de 18.00 horas a 20.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.	104
CUADRO 29.	Presión medida durante las evaluaciones (bar) en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector La Ponderosa. Huambo.	106
CUADRO 30.	Velocidad y Dirección del viento (m/s) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector La Ponderosa. Huambo.	107
CUADRO 31.	Temperatura (°C) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector La Ponderosa. Huambo.	108
	Variación de la Humedad Relativa (%) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen	

CUADRO 32.	en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector La Ponderosa. Huambo.	109
CUADRO 33.	Descarga de los aspersores (l/hora) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector La Ponderosa. Huambo.	110
CUADRO 34.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en La Ponderosa en el horario de 06.00 horas a 08.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector La Ponderosa. Huambo.	112
CUADRO 35.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en La Ponderosa en el horario de 12.00 horas a 14.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector La Ponderosa. Huambo.	113
CUADRO 36.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en La Ponderosa en el horario de 18.00 horas a 20.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector La Ponderosa. Huambo.	114
CUADRO 37.	Presión medida durante las evaluaciones (bar), en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.	116
CUADRO 38.	Velocidad y Dirección del viento (m/s) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.	117
CUADRO 39.	Temperatura (°C) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita.	118

	Huambo.	
CUADRO 40.	Variación de la Humedad Relativa (%) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.	119
CUADRO 41.	Descarga de los aspersores (l/hora), medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.	120
CUADRO 42.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Chipicpita en el horario de 06.00 horas a 08.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.	123
CUADRO 43.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Chipicpita en el horario de 12.00 horas a 14.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.	124
CUADRO 44.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Chipicpita en el horario de 18.00 horas a 20.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.	125

LISTA DE GRÁFICOS

GRAFICO 01.	Variación de la Presión (bar) durante las evaluaciones en Sector Abrampampa. Huambo.	86
GRAFICO 02.	Variación de la Velocidad de viento (m/s) durante las evaluaciones en Sector Abrampampa. Huambo.	87
GRAFICO 03.	Variación de la Temperatura (°C) durante las evaluaciones en Sector Abrampampa. Huambo.	88
GRAFICO 04.	Variación de la Humedad Relativa (HR) durante las evaluaciones en Sector Abrampampa. Huambo.	89
GRAFICO 05.	Descarga de los aspersores (l/hora) medida durante las evaluaciones en Sector Abrampampa. Huambo.	90
GRAFICO 06.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad a las 06.00, 12.00 y 18.00 horas en el Sector Abrampampa. Huambo.	95
GRAFICO 07.	Variación de la Presión durante las evaluaciones (bar) en Sector Staff. Huambo.	96
GRAFICO 08.	Variación de la Velocidad y Dirección del viento (m/s) durante las evaluaciones en Sector Staff. Huambo.	97
GRAFICO 09.	Variación de la Temperatura (°C) durante las evaluaciones en Sector Staff. Huambo.	98
GRAFICO 10.	Variación de la Humedad Relativa (HR) durante las evaluaciones en Sector Staff. Huambo.	99
GRAFICO 11.	Descarga de los aspersores (l/hora) medida durante las evaluaciones en Sector Abrampampa. Huambo.	100
GRAFICO 12.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad a las 06.00, 12.00 y 18.00 horas en Sector Staff. Huambo.	105
GRAFICO 13.	Variación de la Presión (bar) durante las evaluaciones en Sector La Ponderosa. Huambo.	106
GRAFICO 14.	Variación de la Velocidad y Dirección del viento (m/s) durante las evaluaciones en Sector La Ponderosa. Huambo.	107
GRAFICO 15.	Variación de la Temperatura (°C) durante las evaluaciones en Sector La Ponderosa. Huambo.	108

GRAFICO 16.	Variación de la Humedad Relativa (HR) durante las evaluaciones en Sector La Ponderosa. Huambo.	109
GRAFICO 17.	Descarga de los aspersores (l/hora) medida durante las evaluaciones en Sector Abrampampa. Huambo.	111
GRAFICO 18.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad a las 06.00, 12.00 y 18.00 horas en el Sector La Ponderosa. Huambo.	115
GRAFICO 19.	Variación de la Presión (bar) durante las evaluaciones en Sector Chipicpita. Huambo.	116
GRAFICO 20.	Variación de la Velocidad de viento (m/s) durante las evaluaciones en Sector Chipicpita. Huambo.	117
GRAFICO 21.	Variación de la Temperatura (°C) durante las evaluaciones en Sector Chipicpita. Huambo.	118
GRAFICO 22.	Variación de la Humedad Relativa (HR) durante las evaluaciones en Sector Chipicpita. Huambo.	119
GRAFICO 23.	Variación de la Presión (bar) durante las evaluaciones en Sector Chipicpita. Huambo.	121
GRAFICO 24.	Evaluación del Coeficiente de Uniformidad a las 06.00, 12.00 y 18.00 horas en el Sector Chipicpita. Huambo.	126

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01.	Disposición de los aspersores	23
FIGURA 02.	Ensayo de un aspersor único	25
FIGURA 03.	Ensayo de Línea Lateral Unitaria	26
FIGURA 04.	Ensayo de Línea Lateral Operadas simultáneamente	27
FIGURA 05.	Humedecimiento típico de un aspersor y efecto de traslape	30
FIGURA 06.	Ubicación Provincial del Proyecto	35
FIGURA 07.	Ubicación Regional del Proyecto	36



LISTA DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 01.	Ubicación satelital del área del Proyecto	36
FOTOGRAFÍA 02.	Anemómetro digital empleado en las evaluaciones	41
FOTOGRAFÍA 03.	Thermo-higrómetro utilizado en las evaluaciones	42
FOTOGRAFÍA 04.	Sectores del Área del Proyecto	44
FOTOGRAFÍA 05.	Caja de protección de válvulas con tapa metálica (Abrampampa)	51
FOTOGRAFÍA 06.	Instalación del Sistema de Riego por Aspersión (Sector Abrampampa)	52
FOTOGRAFÍA 07.	Altura de elevador de aluminio en tubería de aluminio (Abrampampa)	52
FOTOGRAFÍA 08.	Pluviómetros en línea lateral unitaria de aluminio (Abrampampa)	53
FOTOGRAFÍA 09.	Aspersor de impacto (VYR 36) empleado en Sector Abrampampa	53
FOTOGRAFÍA 10.	Medición de la pluviometría con probeta en horario de 18.00 a 20.00 horas (Sector de Abrampampa)	54
FOTOGRAFÍA 11.	Reservorio del Sector de Staff	58
FOTOGRAFÍA 12	Tubería de aluminio 2", elevador ¾", aspersor plástico (Sector Staff)	60
FOTOGRAFÍA 13.	Aspersor de impacto empleado en Sector Staff	61
FOTOGRAFÍA 14.	Medición de la presión en el aspersor en Sector Staff	61
FOTOGRAFÍA 15.	Medición de la descarga de los aspersores Sector Staff	62
FOTOGRAFÍA 16.	Medición de espaciamientos de los pluviómetros en el Sector Staff	62
FOTOGRAFÍA 17.	Instalación de pluviómetros en el campo Sector Staff	63
FOTOGRAFÍA 18.	Pluviómetros colocados en el porta pluviómetros (Staff)	63
FOTOGRAFÍA 19.	Medición del agua caída en los pluviómetros Sector Staff	64
FOTOGRAFÍA 20.	Lateral con tubería PE Ø 25 mm con accesorio (Sector La Ponderosa)	70

FOTOGRAFÍA 21.	Instalación tubería PE Ø 25 mm, tubo conector de aspersor y conector inicial (Sector La Ponderosa)	71
FOTOGRAFÍA 22.	Colocación de pluviómetros en campo (Sector La Ponderosa).	71
FOTOGRAFÍA 23.	Aspersor de impacto empleado en La Ponderosa	72
FOTOGRAFÍA 24.	Medición de la pluviometría con probeta (La Ponderosa)	72
FOTOGRAFÍA 25.	Presión medida en el aspersor (Sector La Ponderosa)	73
FOTOGRAFÍA 26.	Medición de la descarga de un aspersor (Sector La Ponderosa)	73
FOTOGRAFÍA 27.	Pluviómetros instalados en tubería PE Ø 25 mm. (Sector La Ponderosa)	74
FOTOGRAFÍA 28.	Canal de ingreso, desarenador, rejilla y tubo de ingreso (Sector Chipicpita)	79
FOTOGRAFÍA 29.	Desarenador, compuerta de limpia, rejilla y tubo de ingreso (Sector Chipicpita)	79
FOTOGRAFÍA 30.	Reservorio de tierra revestido con geomembrana (Sector Chipicpita).	80
FOTOGRAFÍA 31.	Línea lateral con tubería PE Ø 32 mm. (Sector Chipicpita)	82
FOTOGRAFÍA 32.	Aspersor sectorial plástico 2 boquillas empleado en Chipicpita	82
FOTOGRAFÍA 33.	Medición de pluviometría con probeta graduada (Sector Chipicpita)	83
FOTOGRAFÍA 34.	Instalación de Líneas laterales PE en campo (Sector Chipicpita)	83
FOTOGRAFÍA 35.	Líneas laterales PE Ø 32 mm instalados en campo (Sector Chipicpita)	84

LISTA DE PLANOS

- PLANO 1.** Vía desde El Pedregal (I. Majes) hasta la Zona del Proyecto (Huambo). 38



LISTA DE ANEXOS

ANEXO 01.	Modelo de aplicación de un aspersor en función de la presión	154
ANEXO 02.	Modelo de aplicación de la línea de aspersores en función de la presión	154
ANEXO 03.	Superposición y espaciamiento de aspersores y línea de aspersores	155
ANEXO 04.	Modelos de aplicación en condiciones de viento variables	156
ANEXO 05.	Modelo de Formulario empleado en las evaluaciones	157
ANEXO 06.	Características del Aspersor Modelo 5022 SD	158
ANEXO 07.	Características del Aspersor RC – 235/2	159
ANEXO 08.	Características del Aspersor VYR Modelo VYR - 36	160



RESUMEN

El riego por aspersión se caracteriza por la aplicación uniforme del agua en toda la cobertura del área de riego, sin embargo es posible que el grado de uniformidad se vea afectado por diversos factores como la presión de operación, la descarga del emisor y principalmente por la velocidad y dirección del viento; este aspecto resulta muy importante para el diseño, manejo y evaluación económica del sistema de riego.

Según Christiansen considera un coeficiente de uniformidad aceptable a valores por encima del 80 % resultado que refleja una correcta aplicación y distribución del agua en el área bajo riego, permitiendo un uso más eficiente del agua disponible maximizando la producción debido a que los cultivos instalados reciben la misma cantidad de agua de acuerdo a sus necesidades hídricas.

Esta investigación se realizó en el distrito de Huambo, con el objetivo de evaluar el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en 4 sectores del lugar Abrampampa, Staff, La Ponderosa y Chipicpita; donde se instalaron sistemas de riego por aspersión financiados por el Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI a través del PSI (2013), para el cumplimiento del objetivo se analizó la operación del riego en condiciones reales, considerando la variación de los parámetros hidráulicos (Caudal y presión) durante el riego y su incidencia en la uniformidad de aplicación y distribución del agua a nivel de parcela.

Dentro de las actividades preliminares se identificaron y seleccionaron dos tipos de sistemas de riego por aspersión, Móvil con tuberías de aluminio (Abrampampa y Staff) y Fijo con tuberías de Polietileno (Chipicpita y Ponderosa). Asimismo se consideró dentro de la evaluación las Especificaciones Técnicas del aspersor (Caudal Nominal, Presión nominal, diámetro de boquilla y diámetro de humedecimiento).

Los ensayos en campo se realizaron en 03 mediciones (06:00 hrs – 12:00 hrs – 18:00 hrs) con la finalidad de evaluar los parámetros hidráulicos del riego y sus variables complementarias como la velocidad y dirección del viento, temperatura y

humedad relativa, resultados que optimizaron la estimación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las evaluaciones se ha determinado que la uniformidad del riego se ve afectada por condiciones hidráulicas y climáticas de la zona de estudio.

Las condiciones hidráulicas indican que los aspersores evaluados, con boquillas de 4.0 * 2.4 mm y 3.6 * 2.4 mm (Staff y Abrampampa), presentan una uniformidad aceptable (Staff), donde el diferencial de caudal se aproxima al 10 % y el diferencial de presión alcanza promedios del 15%, estos valores expresan una distribución del agua favorable durante el riego.

Con respecto a las condiciones climáticas se evaluó las condiciones de la dirección y velocidad del viento en los tres horarios (6 – 12 y 18) y su incidencia en la alteración de la uniformidad del riego, el horario más recomendable para la operación del sistema de riego es a partir de las 14 horas y 10 horas del día siguiente, donde las velocidades oscilan entre 0.40 y 2 m/s garantizando una buena aplicación de agua en el área regable. Así mismo, si se realizan riegos diurnos (10 horas – 14 horas) se sugiere instalar cortinas naturales rompeviento para reducir las velocidades del viento (5.40 m/s promedio).

En conclusión; de los sectores evaluados el GGERT Staff presentó un coeficiente de uniformidad aceptable, de acuerdo a los horarios evaluados 6,12 y 18 horas, aproximándose a un 80% de uniformidad de distribución de agua en la parcela. Resultado favorable debido a una correcta disposición de los emisores (Marco de riego) considerando un porcentaje de reducción de su espaciamiento (entre emisores y laterales) por incidencia del viento de hasta 15% de reducción.

Palabras Clave: Uniformidad, Distorsión, Parámetros hidráulicos, Sistema de Cobertura Total y Móvil de Aluminio.

SUMMARY

Sprinkler irrigation is characterized by the uniform application of water in the entire coverage of the irrigation area, however it is possible that the degree of uniformity is affected by factors such as the pressure of the operation, the discharge of the emitter and mainly by the wind speed and direction; This aspect is very important for the design, management and economic evaluation of the irrigation system.

According to Christiansen, it considers an acceptable uniformity coefficient at values above 80%, a result that reflects the correct application and distribution of water in the area under irrigation, allowing a more efficient use of available water, maximizing production due to the fact that the installed crops receive the same amount of water according to your water needs

This research was conducted in the district of Huambo, with the objective of evaluating the Coefficient of Uniformity of Christiansen in 4 sectors of the place Abrampampa, Staff, La Ponderosa and Chipicpita; where sprinkler irrigation systems financed by the Ministry of Agriculture and Irrigation MINAGRI were installed through the PSI (2013), for the fulfillment of the objective the irrigation operation was analyzed in real conditions, considering the variation of the hydraulic parameters (Flow and pressure) during irrigation and its incidence in the uniformity of application and distribution of water at plot level ..

Within the preliminary activities, two types of sprinkler irrigation systems were identified and selected: Mobile with aluminum pipes (Abrampampa and Staff) and Fixed with polyethylene pipes (Chipicpita and Ponderosa). Likewise, the Technical Specifications of the sprinkler (Nominal Flow, Nominal pressure, nozzle diameter and wetting diameter) were considered within the evaluation.

The field tests were carried out in 03 measurements (06:00 hrs - 12:00 hrs - 18:00 hrs) in order to evaluate the hydraulic parameters of irrigation and its complementary variables such as wind speed and direction, temperature and humidity relative, results that optimized the estimate of the Uniformity Coefficient of Christiansen

According to the results obtained in the evaluations it has been determined that the uniformity of the irrigation is affected by hydraulic and climatic conditions of the study area.

The hydraulic conditions indicate that the evaluated sprinklers, with nozzles of 4.0 * 2.4 mm and 3.6 * 2.4 mm (Staff and Abrampampa), present an acceptable uniformity (Staff), where the flow differential approaches 10% and the pressure differential reaches averages of 15%, these values express a favorable water distribution during irrigation.

Regarding the climatic conditions, the conditions of wind direction and speed were evaluated in the three schedules (6 - 12 and 18) and their incidence in the alteration of the uniformity of the irrigation, the most recommendable time for the operation of the system of Watering is from 14 hours and 10 hours the next day, where speeds range between 0.40 and 2 m / s, guaranteeing a good water application in the irrigable area. Likewise, if diurnal watering is carried out (10 hours - 14 hours) it is suggested to install natural windbreak curtains to reduce wind speeds (5.40 m / s average).

In conclusion; of the sectors evaluated, the GGERT Staff presented an acceptable coefficient of uniformity, according to the schedules evaluated, 6, 12 and 18 hours, approaching 80% uniformity of water distribution in the plot. Favorable result due to a correct disposition of the emitters (Irrigation framework) considering a percentage of reduction of their spacing (between emitters and laterals) by wind incidence of up to 15% reduction.

Keywords: Uniformity, Distortion, Hydraulic Parameters, Total Coverage System and Aluminum Mobile.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. GENERALIDADES

La producción agraria a nivel mundial tiene dos misiones básicas: abastecer de alimentos a la población humana y promover su desarrollo económico-social; para que la actividad agraria sea competitiva en el mercado mundial cada vez más globalizado condiciona el futuro de muchas explotaciones, unidades técnico-económicas de gestión, en su viabilidad económica, dentro del marco de una Agricultura Sostenible, donde la tecnología aplicada reduzca los posibles impactos ambientales, conserve los recursos naturales (genéticos, suelo, agua, etc.) y contribuya a la equidad social, (Santos, 2010).

El riego es un componente esencial del desarrollo agrario sustentado. La escasez de agua constituye una importante limitación para el desarrollo agrícola en las regiones áridas y semi áridas. En muchas áreas mundiales, la competencia creciente por el agua, consecuencia del aumento de la demanda para distintos usos, conlleva un incremento de su costo y una creciente limitación de su disponibilidad para su uso en la Agricultura. Para poder alcanzar estos objetivos, se hace necesario la incorporación y el aprovechamiento de los avances científicos de ingeniería y tecnologías, principal usuario del agua, en el diseño y proyecto de los regadíos, pero también en el funcionamiento y manejo de los sistemas de riego en la explotación agrícola individual, (Santos, 2010).

La utilización eficiente del agua por parte del agricultor requiere, además de una concientización previa (y, en su caso, de unos mínimos incentivos económicos), el intercambio de conocimientos, con los extensionistas, ingenieros y científicos. El agricultor formado mínimamente e informado con continuidad será capaz de mejorar enfoques y técnicas. El disponer de la suficiente información técnica, apoyada en experimentación de campo, que ayude a la elección del sistema de riego más adecuado en cada caso y la exigencia de la utilización de materiales y equipos homologados, son entre otros aspectos básicos, para aumentar la producción en las tierras de regadío, mediante el aprovechamiento eficiente del agua, a través de prácticas productivas y eficaces, (Santos, 2010).

De lo manifestado, la uniformidad de la distribución del agua es uno de los factores más importantes para el éxito de la producción agrícola. Una distribución inadecuada puede traer como consecuencia el desarrollo disparejo del cultivo, con algunas plantas pequeñas y otras con un desarrollo vegetativo exuberante en una misma parcela. Además se puede producir el encharcamiento de una parte del terreno, la asfixia de las raíces debido a una aireación deficiente, la lixiviación de los nutrientes, o bien la acumulación de sales nocivas en la zona radicular, (Sapir, 2005).

Cada una de las prácticas (Riego de cobertura, inundación, aspersión y Riego localizado por surcos, goteo), difieren en los criterios sobre la uniformidad de distribución del agua que se han de aplicar. En la práctica del riego localizado, no es posible ni tampoco necesario, alcanzar un alto nivel de uniformidad de distribución del agua sobre todo la superficie del terreno. Se considera que la distribución del agua es satisfactoria si cada planta recibe el mismo volumen de agua en cada riego. Para alcanzar estos objetivos es necesario que el diseño de riego sea el más apropiado, (Sapir, 2005).

Cuando se practica el riego de cobertura (riego por inundación y riego por aspersión), es indispensable lograr una elevada uniformidad de distribución del agua de riego sobre la superficie del terreno. Sin embargo, no es posible lograr una uniformidad absoluta. Las diferencias que existen entre los componentes del sistema de riego, los accidentes topográficos y otros factores impiden que esto se logre, (Sapir, 2005).

En ese sentido, el Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI), como organismo descentralizado del sector Agricultura, promovió el desarrollo sostenible de los sistemas de riego, fortaleciendo las Organizaciones de Usuarios de Agua (OUA's) en el desarrollo de sus capacidades de gestión, así como difundir y apoyar el uso de tecnologías modernas de riego, (Ministerio de Agricultura, 2013).

El PSI planteó incorporar dentro de sus objetivos y alcances a la Sierra del Perú, el Programa de Inversión Pública PSI Sierra; luego de que éste PIP fuera declarado viable por la Dirección General de Programación Multianual del Sector Público del Ministerio de Economía y Finanzas, se firmó con el Banco Mundial el Contrato de Préstamo N° 7878-PE, para la Instalación de un Sistema de Riego Tecnificado por Aspersión en el Distrito de Huambo.

(Grupos de Gestión Empresarial Riego Tecnificado) – GGERT, en los Sectores de Abrampampa, Staff, La Ponderosa y Chipicpita, (Ministerio de Agricultura, 2013).

Los beneficiarios con la instalación de Riego por Aspersión son Abrampampa 9, Staff 3, Chipicpita 10 y La Ponderosa 4, cada uno con 2 has para el cultivo de orégano.

Han transcurrido tres años (2013) que se implementaron los sistemas de riego por aspersión en el Distrito de Huambo, en los Sectores de Abrampampa, Staff, La Ponderosa y Chipicpita; este estudio pretende analizar la aplicación de la nueva tecnología en riegos como es la Aspersión en la Sierra Sur del Perú y uno de los indicadores de que estén funcionando aceptablemente estos sistemas es la Evaluación del Coeficiente de Uniformidad entre otros aspectos y proponer correctivos si son necesarios, para su buen funcionamiento.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El sector agrícola realiza el mayor consumo de agua en el mundo y por tanto la agricultura irrigada debe ser eficiente para tener sostenibilidad ambiental y económica. Un parámetro principal para evaluar sistemas de riego es la uniformidad de aplicación de agua en la superficie del área irrigada, reflejándose directamente en el manejo y desempeño del cultivo, en la calidad y cantidad de los productos, en la eficiencia del uso del agua, en el costo del riego y por tanto de la producción, (Pair, 1977).

Una baja uniformidad de aplicación de agua causa crecimiento desigual de las plantas y en algunos casos contaminación del suelo con sales, lo cual repercute en la degradación. Esto se relaciona con el exceso de agua en el suelo que causa lixiviación de nutrientes, reducción en la concentración de oxígeno disponible para las raíces y aumento en la incidencia de plagas y enfermedades; además, la escasez de agua aumenta los riesgos de salinización del suelo e inhibe el potencial productivo de las plantas.

El movimiento del agua a través de los poros del suelo aumenta la humedad en profundidad, a expensas de las profundidades más superficiales humedecidas inicialmente y mejora la calidad del riego, lo que puede estar en desacuerdo con la evaluada en la superficie (Pair, 1977).

El primer Coeficiente de Uniformidad propuesto por Christiansen (1942) adoptó la desviación media como medida de dispersión (CUC), mientras que el Coeficiente de Uniformidad de Distribución (CUD; Criddle *et al.*, 1956) considera la razón entre la media del 25 % de los menores valores de las láminas de irrigación y la lámina media recolectada. Bajos valores de CUC y CUD pueden deberse a diseños incorrectos de los sistemas de riego que limitan su desempeño y funcionamiento óptimo (Pair, 1977).

Para evaluar la calidad del riego a partir del análisis de distribución de agua en el suelo, se realizan ajustes de la relación entre la lámina de agua infiltrada y el área irrigada usando modelos matemáticos que permiten la simulación del desempeño de un sistema con otro tipo de manejo de irrigación. El modelo lineal sugerido por Karmeli (1978) es usado en el estudio de padrones de precipitación de aspersores en función de la eficiencia, uniformidad de distribución, percolación profunda y otros parámetros de riego, relacionando la curva de frecuencia acumulada adimensional de la lámina de infiltración con la fracción del área irrigada, mediante regresión lineal, (Pair, 1977).

Aplicaciones insuficientes o excesivas de agua se deben a dimensionamientos inadecuados de sistemas de riego, ocasionando pérdidas de agua y limitan su eficiencia. Así, la agricultura irrigada se debe realizar eficientemente adoptando prácticas para racionalizar el uso del agua, haciéndola ambiental y económicamente sostenible, (Pair, 1977).

La uniformidad de aplicación del agua es un criterio de funcionamiento importante para el diseño y manejo de cualquier sistema de riego por aspersión. No obstante, la lámina de agua aplicada por estos sistemas no es completamente uniforme en toda la parcela regada.

En la práctica el Coeficiente de Uniformidad está lejos de los valores que señala Christiansen, es así que en la Región donde existen proyectos con sistemas de Riego por Aspersión, como es el caso de la Irrigación San Camilo (La Joya Nueva), (Asentamientos 5, 6 y 7, con alrededor de 2 000 has), en la Irrigación Majes, Sección "A" (con La Colina, El Alto y Pedregal), Sección "B" (con los Asentamientos B-1, B-2, B-3, y B-4), la Sección "C" (con los Asentamientos C-1, C-2 y C-3), Sección "D" (con los Asentamientos D-1, D-2, D-3, D-4 y D-5) y la Sección "E" (con los Asentamientos E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6, E-7, y E-8), con alrededor de 13 000 has, se han obtenido valores del Coeficiente de

Christiansen, que no superan el 55%. (I Congreso Nacional y Exposición de Equipos de Riego a Presión, 2000).

Cabe mencionar que no se mencionan valores en Pampa baja con alrededor de 1 244 has donde no se tienen datos. (I Congreso Nacional y Exposición de Equipos de Riego a Presión, 2000).

Esta información existente conduce a tomar con seriedad los valores del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el sistema de riego por aspersión y en este caso los valores a obtenerse en el Proyecto de Huambo, caso contrario puede conducir a un fracaso los sistemas que se están implementando, lo que justifica la ejecución del presente trabajo de investigación.

1.3. HIPÓTESIS

Dado que el principal factor que distorsiona el patrón de distribución del agua en el riego por aspersión es la influencia de la velocidad del viento, la presión y el marco de riego entre otros factores; Es probable que su estudio permita garantizar un modelo óptimo de Coeficiente de Uniformidad y Uniformidad de distribución (CU y UD).

1.4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en riego por Aspersión, con línea lateral unitaria en el Distrito de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la altura de elevadores, la presión, descarga y características de los aspersores.
2. Medir la temperatura y humedad relativa; la velocidad y dirección del viento.

3. Evaluar el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en los Sectores de Abrampampa, Staff, La Ponderosa y Chipicpita en el horario de 6:00, 12:00 y 18:00 horas.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Es cierto que la agricultura es siempre el mayor usuario de todos los recursos hídricos tomados en su conjunto, por ejemplo, la lluvia y el agua en los ríos, lagos y acuíferos. La agricultura absorbe alrededor del 70% del consumo mundial, el uso doméstico un 10% y los usos industriales con 21%. En las regiones áridas la escasez de agua es el resultado de lluvias insuficientes, pero las regiones semi áridas pueden recibir agua suficiente para algunos cultivos; sin embargo dado que la precipitación es distribuida en forma desuniforme en el espacio y en el tiempo, la agricultura de secano es difícilmente practicable, (Medrano y Flexas, 2000). Esto implica el uso del agua para riego en forma eficiente, lo que conlleva al empleo de sistemas de riego altamente eficientes como la aspersión, goteo, micro aspersión, exudación, etc.

2.2. RIEGO POR ASPERSIÓN

La aspersión es una técnica de riego, donde el agua se distribuye en forma de lluvia sobre el terreno. Para ello cuenta con un sistema de conducción cerrado, alimentado por agua a presión desde una unidad de bombeo hasta la boquilla de los aspersores, los cuales distribuyen el agua sobre el terreno mediante un chorro a gran velocidad, difundiéndose en el aire en un conjunto de gotas en forma de lluvia, (Fuentes, 1996).

Este método de riego, representa un gran avance en relación a los sistemas de riego superficial, permitiendo la utilización de terrenos con topografía y propiedades físicas no aptas para el riego tradicional, optimizando así el uso del recurso suelo (Castañón, 1991).

La finalidad del riego por aspersión es obtener un reparto más o menos intenso y uniforme sobre la superficie que se pretenda regar, con el objetivo de que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae, (Fuentes, 1996).

La superficie regada por aspersión está aumentando de forma importante en los últimos años. Aunque se trata de un sistema de riego de una alta eficiencia potencial, muestra una gran sensibilidad a variables de diseño, ambientales y de manejo. Los principales problemas del riego por aspersión se derivan de una inadecuada combinación de aspersor, boquillas y marco, del efecto del viento y de presiones de funcionamiento fuera del rango óptimo. (Fuentes, 1996).

Como consecuencia, la uniformidad de aplicación del riego puede disminuir de forma importante y las pérdidas por evaporación y arrastre pueden alcanzar valores demasiado altos, lo cual aumenta la variabilidad espacial del rendimiento del cultivo y disminuye la eficiencia en el uso del agua, (Fuentes, 1996).

En este tipo de sistema, la estación de bombeo, la tubería principal y los laterales son fijos cuando el sistema es estacionario. Al igual que los semi-estacionarios tienen su mayor aplicación en áreas extensas. En general las disposiciones que pueden adoptar las distintas partes que constituyen una instalación de riego por aspersión en determinadas condiciones son varias (Fuentes, 1996).

2.3. TERMINOLOGÍA EMPLEADA EN LOS SISTEMAS DE RIEGO PRESURIZADO

Durante la planificación, diseño, operación y mantenimiento de los sistemas presurizados, se emplea la siguiente terminología:

- **Presión.** Es la fuerza que actúa sobre una superficie determinada. Las unidades son Kg/cm^2 , atm., mca., lb/pulg^2 , bares, (Pinto, 1997).
- **Altura de agua.** Es la presión ejercida en la base por una columna de agua. La unidad de medida de columna de agua es el metro, (Pinto, 1997).

- **Volumen de agua.** Es el agua que se encuentra en condiciones estáticas en reservorios, tanques, etc. Se mide en metros cúbicos, litros galones, etc., (Pinto, 1997).
- **Descarga o caudal.** Es la porción de agua que pasa a través de un conducto en un tiempo determinado. El conducto puede ser una válvula, una boquilla de aspersor, un gotero, etc. Las unidades son m^3/h , $l/h.$, $l/s.$, etc., (Pinto, 1997).
- **Pérdida de carga o presión.** Son pérdidas de energía debido al rozamiento y puede ser por fricción, en forma continua a lo largo de toda la tubería y en ciertos puntos singulares como el cambio de dirección, variaciones del diámetro de la tubería. Las pérdidas de carga producidas por fricción o rozamiento depende del caudal, la longitud, el diámetro y del material de la tubería, (Pinto, 1997).
- **Espaciamiento o distanciamiento.** Es la distancia que existe entre los aspersores o goteros ubicados a lo largo de la línea o lateral de riego y a la distancia entre los laterales o líneas. En riego agrícola se conoce como marco de riego a la separación entre ramales y aspersores. Normalmente viene indicado por dos cifras; la mayor indica la separación entre ramales la menor entre aspersores. Los marcos más comunes suelen ser 12×12 m, 12×15 m, 12×18 m y 15×15 m. Estas distancias proporcionan una alta uniformidad de aplicación en riego de alta presión. La pluviometría del sistema es la cantidad de agua que entrega el sistema de riego por unidad de tiempo, normalmente se expresa en l/h o mm/h , (Pinto, 1997).
- **Descarga de aspersores y goteros.** Es la cantidad de agua que sale del aspersor o gotero en un tiempo determinado. La descarga está en función de la presión, el diámetro de las boquillas y de un coeficiente que depende del diseño del aspersor o gotero. (Pinto, 1997).
- **Descarga de una línea lateral de riego.** Cantidad de agua que fluye a lo largo de una línea de riego a través de los aspersores o goteros. En la sub

unidad de riego, la diferencia de caudal entre el primer y último aspersor, no debe ser mayor al 10%, equivalente al 20% de diferencia en la presión, (Pinto, 1997).

- **Tuberías.** Son conductos por los cuales fluye el agua ocupando toda el área transversal del tubo debido a una carga externa. Pueden ser de fierro, acero, PVC, PE., asbesto-cemento, concreto, fibra de vidrio, etc., (Pinto, 1997).
- **Diámetro de tubería.** Es la medida que caracteriza la dimensión de una tubería. Se debe distinguir lo que es el diámetro nominal, diámetro externo (ED), diámetro interno (ID). Viene expresado en pulgadas y milímetros, (Pinto, 1997).
- **Clase de tubería.** Indica la resistencia a la presión normal de trabajo que pueden soportar las tuberías. Las tuberías de A-C pueden ser de 75, 105 o 200 lb/pulg². En polietileno vienen en clase 2.5, 4, 8 y 10 atmósferas, etc., (Pinto, 1997).
- **Diámetro de boquilla del aspersor.** Indica la medida de la abertura de la boquilla. Viene expresado en pulgadas o milímetros, (Pinto, 1997).
- **Válvulas.** Elementos hidráulicos que controlan o regulan el flujo de agua por las tuberías. Pueden ser de compuerta, esféricas, mariposa, oblicuas, etc., (Pinto, 1997).

2.4. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Los componentes que integran un sistema de riego son los siguientes:

a) Sistema de bombeo

Conjunto formado por cámara de aspiración, tubería de succión, motor, bomba, accesorios de descarga, válvula reguladora. El accionamiento del motor es por lo general a gasolina o diesel, sin embargo existen opciones que utilizan energía

eléctrica. El sistema de bombeo proporciona la presión correcta de funcionamiento del sistema y el caudal requerido por cada unidad de operación simultánea.

Su objetivo es aspirar el agua desde una fuente seleccionada, impulsarla por la red de tuberías hasta los emisores, donde la presión en sus boquillas debe ser la óptima de funcionamiento del aspersor (Crisóstomo, 1998; Fuentes, 1996).

b) Tuberías de Polietileno de alta densidad

El polietileno es un material flexible que tiene un elevado coeficiente de dilatación lineal (2×10^{-4}), en atención a que en su proceso de fabricación se agregan resinas que le confieren flexibilidad y resistencia. En su proceso de fabricación se añade un compuesto denominado negro de humo que evita la degradación de la luz solar, permitiendo su utilización en conducciones a la intemperie por un tiempo prolongado (Catálogos técnicos Duratec – Vinilit; Fuentes, 1996).

Las tuberías producidas en este material, son generalmente para matrices en clase 6 y para laterales clase 4, y sus diámetros más utilizados son de 75 mm, 50 mm, 40 mm y 32 mm (Catálogos técnicos Duratec –Vinilit).

Por otra parte, su sistema de instalación es muy rápido y fácil de realizar, se perfora la tubería con un sacabocados y se presiona posteriormente el elemento que se quiere aplicar.

El polietileno tiene una densidad superior a 0.94 kg/dm^3 , comercializado con las siglas HDPE, PE-50^a y PEAD (Catálogos técnicos Duratec–Vinilit; Fuentes, 1996). Como ventajas de utilizar este material, se tiene, que son mucho más manipulables que la mayoría de las tuberías de materiales tradicionales, son 70 – 90% más livianas que el concreto, fierro o acero. Por otra parte este sistema representa una excelente alternativa al uso de cintas de riego, ya que la aspersión en cobertura total no requiere una reposición anual de la red superficial de riego (cintas), estimándose una vida útil de alrededor de 10 años, con algunos costos menores de mantención y/o reparación (Catálogo técnico Duratec–Vinilit).

c) Tuberías de Aluminio

Estas tuberías se construyen con una aleación de aluminio con magnesio o aluminio con manganeso, por el método de extrusión y estirado. Es una tubería ligera, de gran duración y resistente a oxidaciones e incrustaciones.

Disponibles en longitudes de 3, 6, 9 y 12 metros, con diferentes medidas de diámetro. Se utiliza, fundamentalmente, en instalaciones de riego por aspersión, móviles y semifijas (Catálogo técnico de RAESA; Fuentes, 1996). Su elevado costo, limita su utilización en sistemas de riego para cobertura total, sin embargo en sistemas portátiles para pequeños productores, constituyen una excelente alternativa dada su resistencia y maniobrabilidad (Catálogo técnico de RAESA).

d) Tuberías de PVC

Son tubos de plástico rígidos fabricados a partir de una materia prima compuesta esencialmente de resina sintética de policloruro de vinilo (PVC) técnico, mezclada con la proporción mínima indispensable de aditivos colorantes, estabilizantes y lubricantes y exenta de plastificantes y materiales de relleno (fillers). (Pizarro, 1996).

En la terminología industrial, en Europa se denomina tubos de PVC no plastificados y se designa por las iniciales UPVC, aunque la práctica ha extendido la designación de PVC, que es aceptada por las Normas UNE. En Estados Unidos se denominan tubos de PVC tipo I, (Pizarro, 1996).

Se fabrican con dos tipos de juntas: por encolado, que se utiliza para diámetros no superiores a 160 mm y por juntas elásticas, cuya estanqueidad es superior, (Pizarro, 1996).

Estas tuberías están reguladas por la Norma UNE 53-112, que establece cuatro presiones nominales: 4, 6, 10 y 16 atm. (0.4, 0.6, 1.0 y 1.6 MPa), (Pizarro, 1996).

(1 atm. = 0.1 MPa)

Tanto los tubos de PVC como los accesorios del mismo material deben llevar un marcado indicando como mínimo:

- Designación comercial
- Sigla PVC

- Un número que indique su presión nominal en MPa
- Referencia a la Norma UNE. (Pizarro, 1996).

La mayoría de los fabricantes continúan expresando la presión nominal en atm., por ejemplo:

Marca comercial - PVC 75 - 4 atm- UNE 53-112, que corresponde a un tubo de $D_n=75$ mm y $P_n=4$ at. (0.4 MPa), (Pizarro, 1996).

e) Tuberías de Polietileno

El polietileno (PE) es un plástico derivado del etileno, al que se somete a un proceso de calor y presión que provoca su polimerización. Las tuberías de polietileno se fabrican mediante extrusión, (Pizarro, 1996).

Presenta dos ventajas respecto al PVC: se puede instalar al aire libre y es flexible y mucho menos frágil. En cambio el PE es más caro que el PVC, ya que debido a su menor esfuerzo tangencial de trabajo, para un mismo D y P, se necesita mayor espesor. También los accesorios de las tuberías de PE son más caros. Otro inconveniente frente al PVC es que la presión de trabajo del PE se ve más afectada por la temperatura. En resumen, el PE sustituye al PVC en conducciones a la intemperie y en algunos casos de conducciones enterradas (diámetros muy pequeños y conexiones frecuentes con otras tuberías de PE), (Pizarro, 1996).

Comercialmente se fabrican tres tipos de tubos de polietileno:

- **Tubo de polietileno de baja densidad**, definido por una densidad sin pigmentar igual o inferior a 0.930 g/ml. Las Normas UNE acepta dos designaciones para estos tubos: LDPE o bien PE 32, esta última debido a que el esfuerzo tangencial del material es de aproximadamente 32 Kgf/cm², (Pizarro, 1996).
- **Tubo de polietileno de media densidad**, con densidad sin pigmentar entre 0.931 y 0.940 g/ml. UNE lo designa MDPE o bien PE 50 B, ya que su esfuerzo tangencial = a 50 Kgf/cm². (Pizarro, 1996).

- **Tubo de polietileno de alta densidad**, con densidad sin pigmentar mayor que 0.940 g/ml. UNE lo designa HDPE o bien PE 50 A. (Pizarro, 1996).

De las tres clases, el más utilizado en Riegos Ligeros de Alta Frecuencia (RLAF) es de baja densidad, por su mayor flexibilidad. Se venden en rollos de longitud variable según el diámetro y existen gran variedad de accesorios.

Los tubos de polietileno están regulados por la Norma UNE 53-131 que establece que deben llevar un marcado indeleble como mínimo cada metro de longitud, indicando:

- Identificación del fabricante
- Referencia al material (PE 32, PE 50A ó PE 50B)
- Diámetro nominal
- Espesor nominal
- Presión nominal
- Año de fabricación
- Referencia a la Norma UNE (UNE 53-131), (Pizarro, 1996).

La sencillez del proceso de fabricación de los tubos de PE ha ocasionado una gran proliferación de fabricantes, que a veces utilizan polietileno regenerado. En consecuencia la calidad del producto es muy heterogéneo y conviene extremar su control. Las normas UNE establecen tres presiones nominales: 4, 6 y 10 atm (0.4, 0.6 y 1.0 MPa) y diámetros nominales de 10 mm hasta 500 mm. En el comercio se encuentran tubos no normalizados de presiones y diámetros inferiores muy utilizados en RLAF, y en cambio es muy raro encontrar tubos de diámetro superior a 63 mm en PE 32 (baja densidad) y a 125 mm en PE 50, (Pizarro, 1996).

Unidades de presión:

$$1 \text{ atm} = 1.033 \text{ Kg/cm}^2 = 1.0131 \text{ bar} = 10.33 \text{ m.c.a.} = 14.70 \text{ psi} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\text{Pa (pascal)} = \text{newton/m}^2. 1 \text{ MP}_a = 10.2 \text{ Kg/cm}^2 = 102 \text{ m.c.a.}$$

Correspondencia “diámetro en pulgadas – diámetro nominal”, (Pizarro, 1996).

Diámetro nominal	Diámetro pulgadas
12	¼
16	3/8
20	½
25	¾

32	1
40	1 ¼
50	1 ½
63	2
75	2 ½
90	3

e) Aspersores

Son dispositivos que pulverizan el chorro de agua en gotas de diversos tamaños mediante las boquillas. En la agricultura se utilizan generalmente de tipo rotativos, donde el aspersor gira alrededor de su eje, lo que le permite regar la superficie de un círculo cuyo radio corresponde al alcance del chorro (Fuentes, 1996). El traslape de los círculos de mojado, es fundamental para lograr una adecuada uniformidad en el riego.

El caudal emitido por un aspersor está relacionado con el diámetro de sus boquillas y con la presión que existe en ellas, por lo tanto al realizar un diseño hidráulico se debe considerar el tipo de aspersor a utilizar. Comercialmente existe una diversidad de aspersores en cuanto a tamaño y presión de trabajo con las consiguientes diferencias en la intensidad de precipitación, radio de alcance y distribución de la lluvia (Fuentes, 1996).

Los aspersores utilizados en la agricultura son normalmente de tipo rotativo, con una o dos boquillas, cuyos chorros forman ángulos de 25° a 28° con respecto a la horizontal. Esto permite obtener un buen alcance y disminuye la distorsión producida por el viento (Fuentes, 1996).

El alcance de un aspersor determina el radio de mojadura, el cual depende del ángulo de inclinación de la boquilla y de la presión de funcionamiento. Donde el valor máximo se obtiene con un ángulo de inclinación de 45°, seleccionado para zonas en la que la problemática del viento no es importante. No obstante, para

condiciones de viento, debe seleccionarse un aspersor de bajo ángulo (25° a 27°), (Fuentes, 1996).

f) Micro aspersores

El emisor típico de la micro aspersion se llama micro aspersor, a veces se hace una distinción entre microaspersor y difusor, que consiste en que el primero lleva un elemento giratorio que distribuye el agua mientras que en el segundo este elemento no existe. En general, se denomina microaspersores a todos los emisores que pulverizan el agua.

La diferencia fundamental con los demás emisores de riego localizado es que en los microaspersores, el agua, una vez pulverizada, se distribuye por el aire hasta distancias variables y alcanza el suelo mojando una superficie considerable, mientras que en los demás emisores el agua cae en forma de gota o chorro sobre una superficie pequeñísima, y la distribución de la humedad se produce a través del suelo, (Pizarro, 1996).

Existen en el Mercado gran variedad de microaspersores, pero en común suelen tener una boquilla que pulveriza el agua y un difusor, elemento que distribuye el agua pulverizada en forma de círculo completo o sectorialmente. Cambiando la boquilla se modifica el caudal, cambiando el difusor se modifica el radio de alcance y el sector regado y cambiando el "antibruma" se modifica el tamaño de las gotas. Estas piezas se suministran generalmente de diferentes colores según los caudales, radios, etc. (Pizarro, 1996).

La conexión con el lateral de riego puede ser directa o por medio de un tubito de polietileno de unos 3 - 5 mm de diámetro. Se pueden conectar a tuberías de PVC o PE. Salvo cuando la conexión es directa, los microaspersores suele ir sobre una varilla que los eleva sobre el terreno a una altura de unos 20 cm, aunque, naturalmente, esta altura se puede modificar, lo que afecta al alcance. Así mismo, la conexión con tubito permite que los laterales vayan enterrados, (Pizarro, 1996).

Los microaspersores trabajan normalmente a presiones de 10 a 20 m.c.a., más elevadas que los goteros, cuya presión más frecuente es de 10 m.c.a. El radio de alcance es del orden de 1 a 3 m y los caudales de 20 a 150 l/h. No obstante, todos

estos valores pueden superarse y en la actualidad existe toda la gama entre el típico microaspersor y el aspersor convencional. Otra característica importante, porque afecta a las obturaciones, es el diámetro de la boquilla, que suele estar comprendida entre 0.8 y 1.6 mm, es decir, mayores que el paso mínimo de los goteros, (Pizarro, 1996).



g) Accesorios y fitting

Dentro de los diferentes accesorios se encuentran las válvulas que permiten iniciar o interrumpir el riego dentro de un sector, manómetros para control de la presión, hidrantes, piezas especializadas destinadas a derivar, reducir los diámetros y los acoples correspondientes para completar la red hidráulica, cuyos laterales de riego llevan montados los aspersores, (Eljanani,1974).

2.5. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS ASPERORES

- **Boquillas.** El perfil de la distribución varía de acuerdo con el diseño de las boquillas proporcionan un modelo triangular cuando funcionan en condiciones de presión óptima y aire tranquilo, (Eljanani, 1974).
- **Presión.** La descarga del aspersor es una función del diámetro de la boquilla y la presión. Una presión excesiva causará un rápido desgaste de los aspersores. Bajas presiones determinarán una inadecuada división del chorro y por consiguiente dos círculos de distintas precipitaciones. Presiones excesivas causarán exagerada división (pulverización) del chorro disminución del alcance y un exceso de agua en las proximidades del aspersor, (Eljanani, 1974).
- **Superposición y espaciamiento de los aspersores.** En virtud de su movimiento giratorio, los aspersores distribuyen el agua en modelos circulares. Teniendo en cuenta esto, y con el objeto de asegurar uniformidad de aplicación de agua en el área regada debe ubicarse los aspersores de tal forma que exista una superposición de los círculos regados tanto a lo largo de la línea de aspersores como entre líneas laterales, (Eljanani,1974).
- **Alcance.** El diámetro cubierto por longitud por un aspersor depende de la presión de funcionamiento, (Eljanani, 1974).

- **Angulo de Chorro.** Es la trayectoria del chorro de agua que sale de la boquilla del aspersor, generalmente es de 30°, (Eljanani, 1974).
- **Viento.** El viento desvía el chorro que emerge de la boquilla del aspersor, arruina el modelo de aplicación, origina escurrimiento del agua y aplica agua fuera del área de riego, (Eljanani, 1974).
- **Altura de elevadores.** Tiene una considerable influencia sobre la uniformidad de aplicación, especialmente en presencia de vientos. Los elevadores deben poseer una altura uniforme y asegurar el libre pase del chorro por encima del follaje de las plantas, (Eljanani, 1974).
- **Rotación de los aspersores.** La velocidad de rotación de los aspersores depende del mecanismo, la construcción de los cojinetes, las empaquetaduras usadas, el diámetro de la boquilla y la presión, (Eljanani, 1974).

Factores que influyen en el funcionamiento de los aspersores

- Presión:** Fuerza aplicada por unidad de superficie, expresada en bar, Kg/cm², atmosferas (atm), psi. (Eljanani, 1974).

Clasificación de los aspersores según rangos de presión operativa

Categoría	Presión (bar)	Aplicación
Baja	< 2	Microemisores Mini-aspersores Aspersores "turbo"
Mediana	2 a 5	Aspersores de impacto
Alta	> 5	Aspersores gigantes (cañones)

- b. Descarga (caudal):** Volumen de agua que fluye por un punto determinado, dentro de un canal, una tubería, o un emisor por unidad de tiempo, expresado en m^3/h o en l/h. (Eljanani, 1974).

Clasificación de los aspersores según su descarga

Categoría	Descarga(l/h)
<i>Baja</i>	<i>De 20 a 500</i>
<i>Mediana</i>	<i>De 500 a 5.000</i>
<i>Alta</i>	<i>5.000</i>

- c. Diámetro mojado:** Diámetro del círculo de mojado por un aspersor determinado expresado en metros. (Eljanani, 1974).
- d. Impactos por minuto:** El número de golpes del martillo por minuto de un “aspersor a impacto”. Característica afectada por la presión operativa que influye sobre el diámetro de mojadura y sobre la distribución del agua dentro de este. Se considera que el aspersor opera adecuadamente cuando el martillo ejerce de 30 a 60 impactos por minuto, y completa un giro dentro de este intervalo. (Eljanani, 1974).
- e. Lateral / ramal:** Tubería dotada de emisores equidistantes y de descarga uniforme, con una sola entrada y un único extremo final. (Eljanani, 1974).
- f. Espaciamiento entre aspersores:** La distancia en metros entre aspersores contiguos entre lateral / ramal y entre laterales. Por ejemplo: 12 m x 18 m. (Eljanani, 1974).
- g. Ángulo de salida:** El ángulo mediante el cual el chorro de agua con respecto al horizontal que sale por la boquilla determina el diámetro de mojadura del aspersor, la uniformidad de distribución del agua alrededor de este y su sensibilidad al viento. A medida que aumenta el ángulo de tiro entre 0° y 45° , aumenta también el diámetro de cobertura, y también simultáneamente el impacto negativo que el viento ejerce sobre la forma del chorro y el arrastre de gotas de agua más allá de la superficie deseada. (Eljanani, 1974).
- h. Intensidad de precipitación:** Fuerza con la cual las gotas impactan sobre el suelo. La intensidad depende del número y del tamaño de las gotas, su velocidad y el ángulo de caída, expresada cualitativamente como alta, media y baja. (Eljanani, 1974).

- i. **Precipitación horaria:** Volumen de agua aplicado por unidad de superficie y de tiempo, expresada en mm/h; 1 mm/h equivale a $1 \text{ lt/m}^3/\text{h} = 10 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{h}$. (Eljanani, 1974).
- j. **Intervalo de riego:** Lapso de tiempo, en días, entre dos riegos sucesivos, o sea el periodo entre el inicio de un riego y el siguiente sobre una misma superficie de una parcela. (Eljanani, 1974).
- k. **Ciclo de riego:** El tiempo requerido para regar un área determinada (parcela), expresado generalmente en días (u horas). (Eljanani, 1974).
- l. **Turno de riego:** Cuando no es posible cubrir toda el área al mismo tiempo, el riego se divide en turnos. La técnica de riego basada en el traslado manual de los laterales/ramales consta de una serie de turnos de riego. (Eljanani, 1974).
- m. **Velocidad de viento:** Expresada generalmente en metros por segundo (m/s), y ocasionalmente como recorrido diario del viento (km/día). (Eljanani, 1974).

Categorías de velocidad del viento

Categoría	Velocidad del viento (m/s)
<i>Sin viento</i>	<i>0 a 1.0</i>
<i>Vientos medianos</i>	<i>De 1.0 a 2.5</i>
<i>Vientos fuertes</i>	<i>De 2.5 a 4.0</i>
<i>Vientos muy fuertes</i>	<i>Superiores a 4.0 (*)</i>

(*) *No se recomienda regar por encima del follaje.*

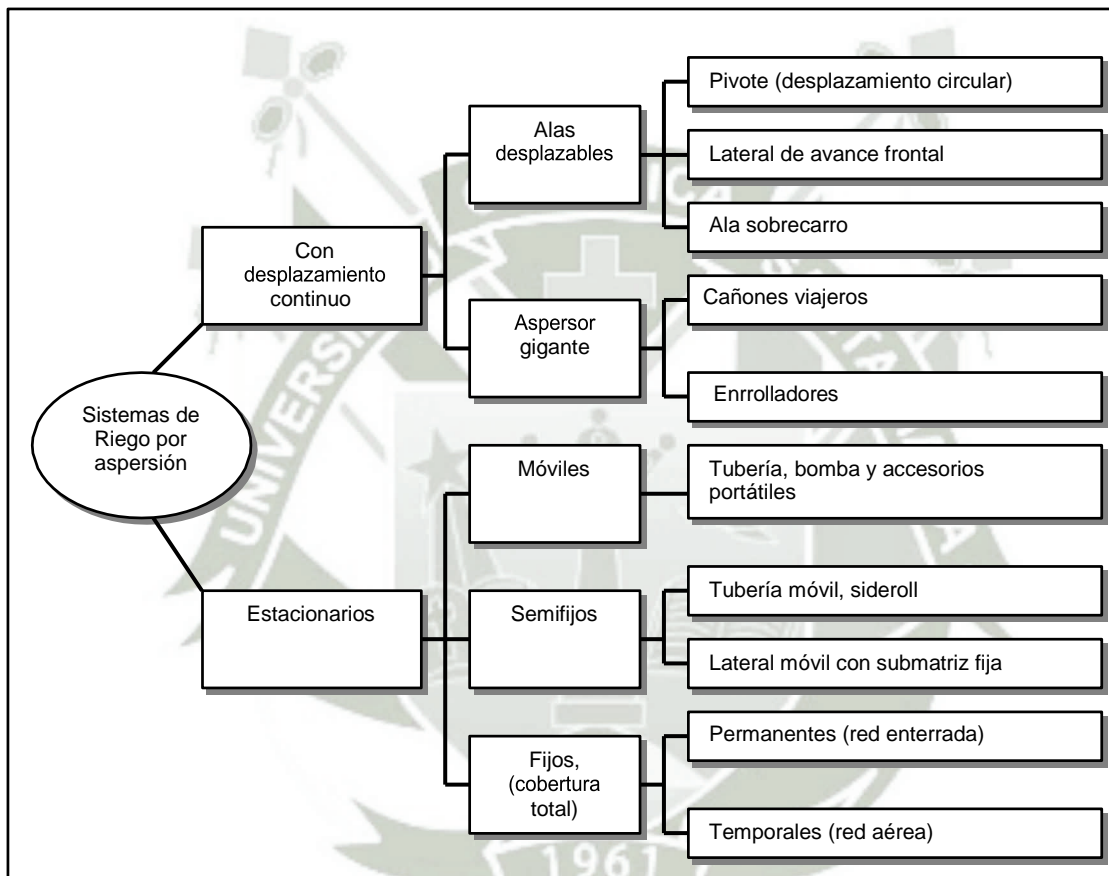
- n. **Diámetro nominal de la tubería:** El diámetro nominal de las tuberías de acero y asbesto-cemento hasta 10 pulgadas (250 mm), se refiere al diámetro interior de estas. (Eljanani, 1974).

Para diámetros mayores, así como para las tuberías de aluminio y materiales plásticos, el diámetro nominal se refiere al diámetro exterior, expresado en mm o pulgadas.

2.6. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE RIEGO POR ASPERSIÓN

Los sistemas de aspersión se pueden clasificar, en función de la movilidad de los diferentes elementos que la integran. (Diagrama 1).

DIAGRAMA 1. Clasificación de los distintos sistemas de riego, según la movilidad de los distintos elementos que la integran.



Fuente: Pair, C., 1977

2.7. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN

La uniformidad, es una medida de la igualdad con que el agua es repartida en un área de riego. Considerando que un sistema de riego nunca alcanza una uniformidad de 100%, el término uniformidad, en realidad se refiere a la variación o desuniformidad con que se reparte el agua (Luque, 1969).

La uniformidad, tiene gran relevancia por los efectos sobre el cultivo de la mala distribución de la lámina de agua, además por las pérdidas de agua que se producen. Esta incluye, la Uniformidad de Distribución (UD) y el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU), parámetros que permiten tener una referencia de la igualdad con que el agua se reparte en el área de riego, (Luque, 1969).

La importancia agronómica de contar con una buena Uniformidad de reparto de agua, queda de manifiesto al corregir zonas que han sido regadas deficitariamente, se tiene que recurrir a una aplicación excesiva en áreas que ya tenían un buen perfil de mojado, generándose una zona bien regada y otra sobre-regada (Luque, 1969).

Un exceso de agua, puede provocar un arrastre de nutrientes necesarios para el desarrollo del cultivo, a estratos de suelo más profundas, mientras que en zonas con déficit de riego, se producirá en el suelo una alta tensión del agua, lo que implica un mayor esfuerzo de la planta por conseguirla. Una falta de balance en el riego puede influir en un mal crecimiento de las partes comerciales de la planta (Luque, 1969).

Un valor de Uniformidad inadecuado, tiene repercusiones en el grado de eficiencia con que los recursos agrícolas son utilizados, como por ejemplo: utilización de exceso de agua, aumento en el uso de energía, pérdidas de nutrientes y disminución en los rendimientos al tener plantas desuniformes. Esto influye directamente en una merma de la calidad de los órganos cosechables y por lo tanto disminuye el precio final del producto (Luque, 1969).

Una forma de medir la Uniformidad de un riego por aspersión, es a través del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU), que se refiere al reparto más o menos uniforme del agua infiltrada, expresado mediante un valor porcentual. Un valor del 100%, significa que en toda la superficie de riego se ha infiltrado la misma cantidad de agua, situación que no ocurre en la práctica, (Fuentes, 1996).

En riego por aspersión se utiliza preferentemente el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen, el cual corresponde a una representación estadística de la Uniformidad de Distribución (UD), y se expresa en porcentaje, (Fuentes, 1996).

2.8. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

Un aspersor al girar, moja el terreno en una superficie circular, de tal manera que, para cubrir un área con círculos de humedad, se requiere una determinada superposición de los mismos. En la Figura 1 se logra regar eficientemente una superficie cuadrada o hexagonal, según se adopte a la disposición de los aspersores en cuadrado o triangular (Grassi, 1995). Midiendo la precipitación en pluviómetros, dispuestos en un reticulado bajo el área de influencia de un aspersor, es posible obtener un cuadro de la distribución de la lluvia. El trazado de las isolíneas de igual precipitación y de dos perfiles típicos, uno longitudinal y otro transversal, señala claramente el comportamiento del aspersor. Dichos perfiles muestran una general disminución de la precipitación desde el centro a la periferia. La forma del perfil, sin embargo, no es uniforme y depende del tipo de aspersor, de la presión de operación y velocidad de giro del mismo y del efecto de viento, (Grassi, 1995). Con base en los ensayos realizados en la Universidad de California, Christiansen (1942), representó los perfiles típicos de la precipitación de los aspersores. Trabajando a su vez con diferentes espaciamientos entre aspersores y línea de aspersores, valoró el grado de uniformidad de riego por medio de un coeficiente que llamó Coeficiente de Uniformidad, (Grassi, 1995). Hart citado por Ames Irrigation Handbook (1962), estudió el efecto de la velocidad del viento en el Coeficiente de Uniformidad, con relación a la presión de operación del aspersor. Dichos ensayos muestran que el CU disminuye a medida que crece la velocidad del viento y que para igual velocidad de viento el CU aumenta con la presión de operación del aspersor (Grassi, 1995). (Cuadro 1). Otro aspecto de interés es la intensidad de precipitación, por la importancia que dicho dato tiene en el diseño de equipos. Sin embargo, dado que el área circular abarcada por cada aspersor se va cubriendo parcialmente en sectores circulares a medida que el aspersor gira, la precipitación instantánea es mucho mayor y depende de la velocidad de giro del aspersor (Grassi, 1995).

El tamaño de las gotas tiene también importancia, pues en determinadas circunstancias puede perjudicar los brotes tiernos de las planta.

El efecto de la relación entre la presión de operación del aspersor y el tamaño de la boquilla, se ha llegado a las siguientes comprobaciones:

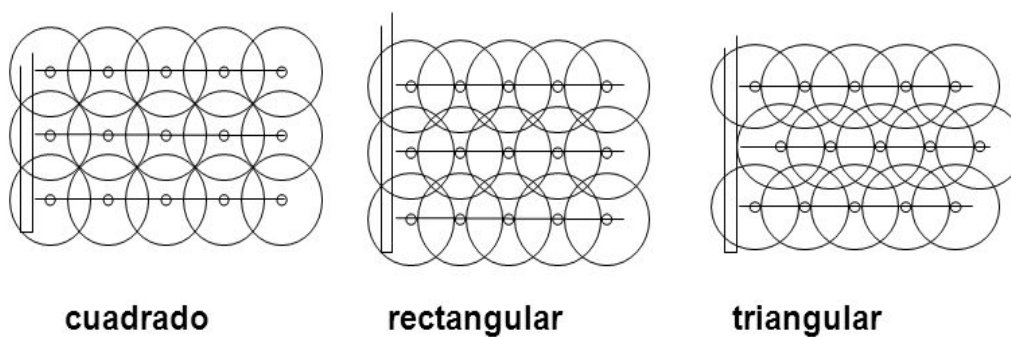
Al aumentar la presión:

- Disminuye el tamaño de las gotas
- Aumenta el diámetro del círculo cubierto
- Disminuye la energía del impacto de las gotas contra el suelo y la destrucción de agregados.
- Disminuye la intensidad instantánea de precipitación

Al reducir el tamaño de la boquilla:

- Disminuye el tamaño de las gotas
- Disminuye el diámetro del círculo cubierto
- Disminuye la energía del impacto de las gotas contra el suelo y la destrucción de los agregados
- Disminuye la intensidad instantánea de precipitación, (Grassi, 1995).(Figura 1)

FIGURA 01. Disposición de los aspersores



CUADRO 01. Espaciamiento de aspersores en condiciones específicas de viento

	VELOCIDAD DEL VIENTO	DISTANCIA ENTRE LATERALES
Espaciamiento en cuadrado o en rectángulo	<i>Sin viento</i>	<i>65% del diámetro</i>
	<i>2 m/s</i>	<i>60% del diámetro</i>
	<i>3.5 m/s</i>	<i>50% del diámetro</i>
	<i>Más de 3.5 m/s</i>	<i>30% del diámetro</i>
Espaciamiento en triángulo	<i>Sin viento</i>	<i>75% del diámetro</i>
	<i>2 m/s</i>	<i>70% del diámetro</i>
	<i>3.5 m/s</i>	<i>60% del diámetro</i>
	<i>Más de 3.5 m/s</i>	<i>35% del diámetro</i>

FUENTE: NAAN MECHANICAL WORKS – ISRAEL, 1973.

2.9. UNIFORMIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

La determinación de la Uniformidad de distribución del agua consta de tres fases:

- Medición de la distribución del agua por los aspersores
- Presentación de los datos
- Análisis de la Uniformidad de distribución del agua, (Sapir, 2005).

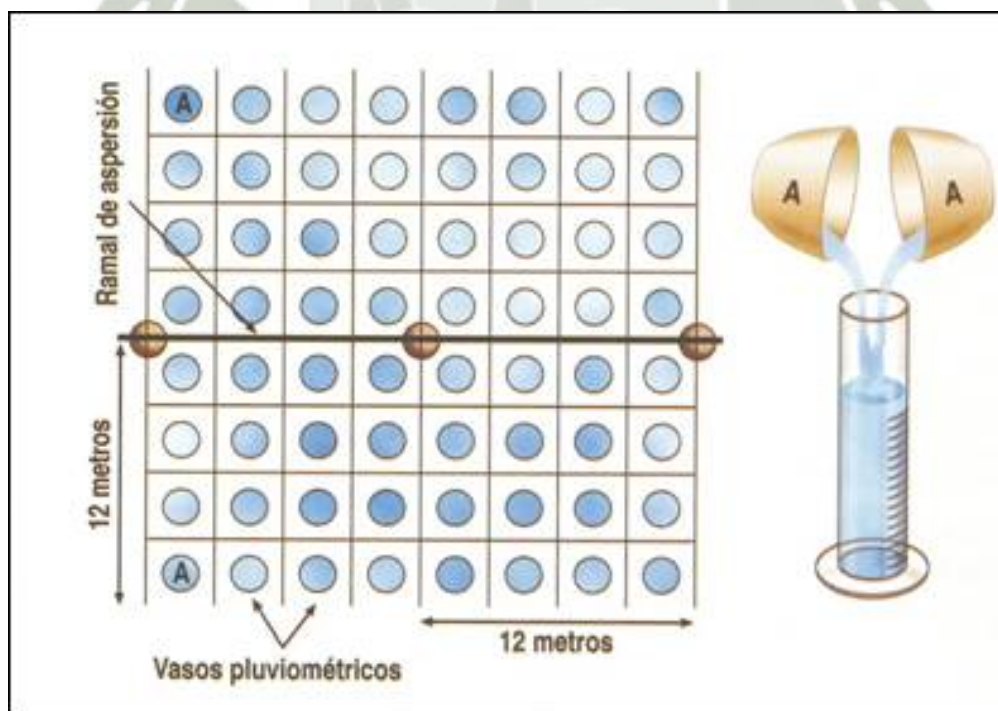
2.9.1. Medición de la distribución del agua por los aspersores

Se emplean tres procedimientos para medir la distribución del agua sobre la superficie del suelo por el riego por cobertura. Todos ellos se basan en la medición de la pluviometría puntual dentro del área cubierta por uno o más aspersores. Es importante que el aspersor seleccionado para el ensayo sea representativo del modelo seleccionado y que el ensayo se realice con un número suficiente de réplicas. Es de desear que esta prueba se lleve a cabo en condiciones similares a las que rigen en el campo, mas no con vientos fuertes ni durante las horas más calurosas del día, que siempre se han de evitar.

2.9.1.2. ENSAYO DE LÍNEA LATERAL UNITARIA

Una línea lateral unitaria es operada a una presión de trabajo determinada y cierto espaciamiento uniforme de aspersores a lo largo de la línea. Se registran la velocidad y dirección del viento y la velocidad de rotación del aspersor. La descarga debe medirse de forma separada. Por lo general será suficiente usar cuatro aspersores siempre que el radio cubierto por cada aspersor no exceda de $2 S_e$ (S_e = distancia entre aspersores a lo largo de la línea lateral), o que a raíz del viento, el riego no exceda de 2 (S_l en dirección paralela a la línea). Este método es el que más se asimila a las verdaderas condiciones de riego, pues generalmente no son operadas dos líneas laterales adyacentes en forma simultánea. El ensayo muestra la distribución real a cada lado de la línea lateral, como también permite calcular la uniformidad de aplicación para cualquier distancia entre líneas laterales en base a la existente entre los aspersores de la línea bajo ensayo. La prueba debe durar 2 horas como mínimo. (Eljanani, 1974). (Figura 03).

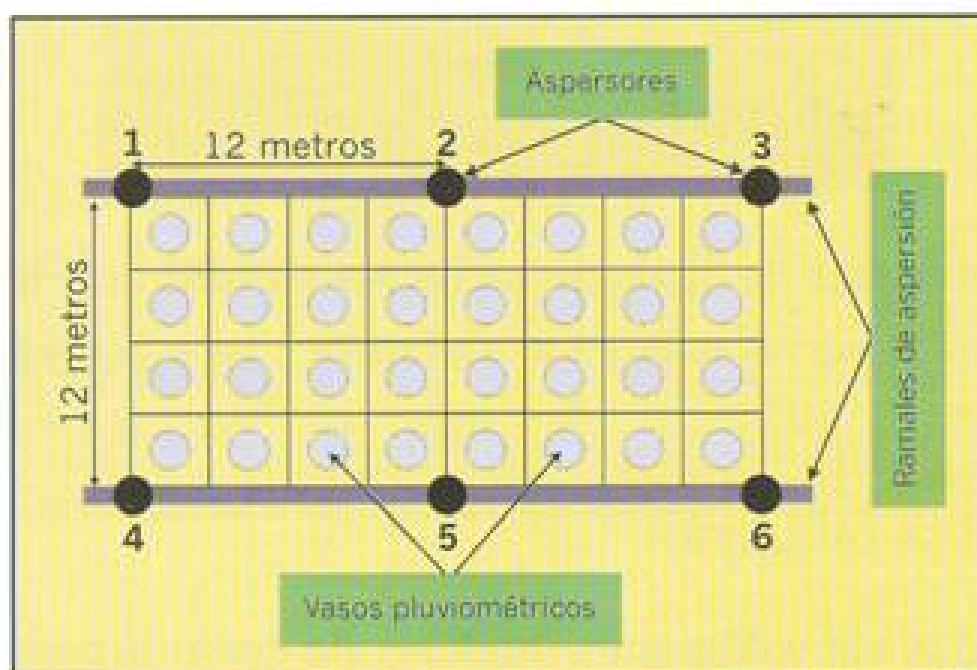
FIGURA 03. Ensayo de línea lateral unitaria



2.9.1.3. ENSAYO DE LÍNEA LATERAL OPERADAS SIMULTÁNEAMENTE

El espaciamiento de los aspersores tanto a lo largo de la línea lateral como entre líneas, es determinado de acuerdo a las condiciones del ensayo. Los vasos son colocados entre los cuatro aspersores centrales de la disposición. En caso de que el radio de riego del aspersor exceda a 2 Sa o 2 Sl, serán necesarios más de cuatro aspersores sobre la línea lateral. (Eljanani, 1974). (Figura 04).

FIGURA 04. Ensayo de línea lateral operadas simultáneamente



2.9.2. PRESENTACIÓN DE LOS DATOS

Una vez registrados los datos pluviométricos sobre la cuadrícula (Formulario), se procede al segundo paso, que es la representación gráfica, que es posible en las formas siguientes):

- a) Se trazan uno o más ejes en la cuadrícula y se traza un gráfico con las distancias sobre las abscisas (x) y la pluviometría sobre las coordenadas (y), en la cual el eje pasa por un aspersor único y cuando el eje pasa por el lateral. Los ejes pueden ser cardinales (por ejemplo N-S, E-OE), de acuerdo con la dirección del viento, o perpendicular a este, (Sapir, 2005).

- b) Se presenta la pluviometría registrada según el procedimiento anterior, así como en el formulario. Sin embargo, para los procedimientos restantes, será necesario seleccionar el espaciamiento deseado y sumar la precipitación por traslape en cada punto de la cuadrícula a fin de poder presentarlos en forma semejante, (Sapir, 2005).
- c) Con el objeto de facilitar la visualización, se procede a agrupar los datos en tres grupos basados en la pluviometría promedio, menos del 90% del promedio, más del 110% del promedio y de 90% a 110% del promedio. Es posible hacer resaltar cada grupo de un color distinto según el método ideado por Jaime Dan, del Servicio de Extensión Agrícola de Israel. Ello permitirá visualizar las áreas de deficiencia y exceso dentro del área del ensayo. Se agrupan los datos en un número mayor de grupos uniendo mediante una línea continua todos aquellos puntos que caen dentro de cada grupo. Este es el método de las isocuantas, (Sapir, 2005).

2.9.3. ANÁLISIS DE LA UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA

En el tercero y último paso, se analizan los datos con uno de los siguientes Métodos:

- a) Coeficiente de Uniformidad (CU).
- b) Uniformidad de Distribución del agua (DU)
- c) Coeficiente de Riego (SC), (Sapir, 2005).

2.9.3.1. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (CU)

Este Método fue elaborado por J.E. Christiansen de la Universidad de California. Se calcula el promedio de los datos y el promedio, a continuación se suman estas diferencias, (Sapir, 2005).

El cálculo de la uniformidad de aplicación se realiza de acuerdo a la Fórmula de Christiansen:

$$CU = 1 - \frac{(\sum |d|)}{M * n}$$

CU : Coeficiente de Uniformidad de Christiansen
 $\sum |d|$: Sumatoria de los valores absolutos de las desviación es en los puntos de control, con respecto a la media de la lámina infiltrada.
M : Valor medio de la lámina infiltrada en los puntos de control.
n : Número de puntos de control

Fuente: Pair, 1977.

Los sistemas de riego por aspersión requieren un valor mínimo de uniformidad para ser considerados aceptables. Para los sistemas de cobertura total, Keller y Bliesner (1990) consideran la uniformidad de riego adecuada cuando el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CU) es igual o superior al 84%. (Pair, 1977).

La uniformidad depende fundamentalmente de los siguientes factores: Disposición de los aspersores, intensidad del viento dominante y del modelo de reparto de agua del aspersor. Este último, depende a su vez del diseño del aspersor, presión de trabajo, número y tipo de boquillas, velocidad de giro del aspersor, altura sobre el suelo y mantenimiento del sistema (Pair, 1977).

El viento se considera como la principal causa de distorsión en el reparto de agua, por lo que un factor de importancia es el tamaño de las gotas. Un menor tamaño implica una mayor distorsión en el reparto del agua, (Pair, 1977).

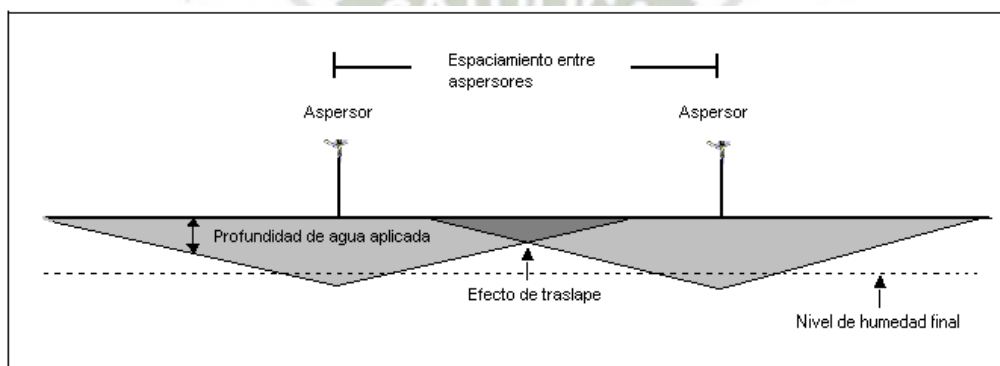
En relación a los umbrales críticos de velocidad del viento para los cuales un sistema de riego por aspersión puede funcionar óptimamente, no hay mucho acuerdo, ya que según algunos autores, para velocidades del viento menores a 2,5 metros por segundo, no es necesario considerar dicho factor, (Pair, 1977).

En ensayos de campo, se ha demostrado que para obtener un Coeficiente de Uniformidad adecuado, la distancia entre aspersores, debe disminuir en la medida que aumenta el viento, (Pair, 1977).

En atención a los problemas de viento, se debe considerar la reducción de velocidad del viento durante la noche, para alternar el manejo del sistema entre diurno y nocturno para mejorar la uniformidad de aplicación, (Pair, 1977).

Otro aspecto a considerar dentro de los factores que afectan la uniformidad, son las pérdidas de agua por evaporación directa desde el chorro del aspersor. Estas pérdidas de agua están en función de la temperatura ambiental y de la velocidad del viento (Pair, 1977). (Figura 5)

FIGURA 05. Humedecimiento típico de un aspersor y efecto del traslape.



Fuente: Pair, 1977.

2.9.3.2. UNIFORMIDAD DE DISTRIBUCIÓN (DU)

Este Método se originó en el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los EE.UU. Compara la lámina promedio de agua sobre el 25% del área total (Lp 25%) que percibe la menor lámina, con la lámina promedio sobre el 100 % del área (x) y la expresa como porcentaje, con la siguiente expresión matemática:

$$DU = 100 \times Lp \ 25\% / x$$

Donde:

DU = Uniformidad de Distribución (%)

Lp 25% = Promedio de los datos sobre el 25% del área que percibe la menor precipitación

X = Promedio de todos los datos,

Fuente: (Pair, 1977).

Nota: Existe una relación lineal entre CU y DU, como se observa en la siguiente fórmula:

Relación entre CU y DU

$$CU = 0.63 DU + 37.0$$

$$DU = 1.59 CU - 59.0$$

El valor mínimo de DU para una uniformidad aceptable es de 75%, (Sapir, 2005).

2.9.3.3. COEFICIENTE DE RIEGO (SC, “Scheduling Coefficient”)

Este Método fue especialmente desarrollado para el riego de céspedes y campos de golf en el cual superficies relativamente pequeñas con riego deficiente producen un considerable impacto visual. El primer paso consiste en definir cuál es el porcentaje del área que se considera crítico. Es posible calcular el SC para un área crítica del porcentaje deseado. Los valores habitualmente empleados son 1, 2.5 y 10% del área bajo riego. Aún el mayor de estos valores es considerablemente inferior al 25% considerado en el método de DU. Un SC calculado sobre un área de 5% brinda resultados apropiados para el riego de céspedes y jardines.

El SC es la relación entre la lámina promedio en el total del área regada (x) dividida entre la lámina promedio sobre el área definida como críticamente seca (Lpc). (Sapir, 2005).

Su expresión matemática es:

$$SC = x / Lpc$$

Donde:

SC = Coeficiente de riego “Scheduling Coefficient”

x = promedio de todos los datos

Lpc = Promedio de datos en el área definida como crítica

Fuente: (Sapir, 2005).

El SC es el factor por el cual se debe multiplicar la lámina de riego planificada (o lo que es lo mismo, el tiempo de riego), a fin de que el área crítica reciba dicha lámina. Por lo tanto, el área restante recibirá una lámina mayor de 1. Un valor de $SC = 1$ representa una uniformidad del 100%. Un $SC = 1.5$ indica que se debe aumentar la lámina (y el tiempo de riego), en un 50%, para que el área crítica reciba la lámina planificada, (Sapir, 2005).

2.10. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS

VALDIVIA, L. 1977., realizó una evaluación de la Uniformidad de Aplicación en el Riego por Aspersión en La Joya. Arequipa, llegando a la conclusión que el espaciamiento 12 x 12 es el más recomendable en el caso de tener que trabajar con mayor velocidad del viento, en el caso de operar con un modelo de distribución rectangular, se debe adoptar un menor espaciamiento entre aspersores a lo largo de la línea Lateral, en el caso de la Joya 12x 18.

PAREDES, F. 1997., efectuó un trabajo de investigación para evaluar la Uniformidad de aplicación en el Riego por Aspersión en la Sección “B” de la Irrigación Majes-Arequipa, encontró que en promedio el Coeficiente de Uniformidad (C.U.). Alcanzó el 38.1%, con valores para el Asentamiento B-1 de 40.9%, B-2 con 40.9%, B-3 con 35.7% y B-4 con 31.4%

DÍAZ, A. 1999., hizo un trabajo de investigación para evaluar la Uniformidad de aplicación en el Riego por Aspersión en la Sección “C” de la Irrigación Majes-Arequipa, encontró que en promedio el Coeficiente de Uniformidad (C.U.). Alcanzó el 44.65%, con valores para el Asentamiento C-1 de 46.05.9%, C-2 con 39.03% y C-3 con 49.17%.

VALDIVIA, P. 1998., evaluó la Uniformidad de aplicación en el Riego por Aspersión en la Sección “D” de la Irrigación Majes-Arequipa, encontró que en promedio el Coeficiente de Uniformidad (C.U.). Alcanzó el 48.96%, con valores para el Asentamiento D-1 de 49.6%, D-2 con 49.1%, D-3 con 49.2%, D-4 con 48.2% y D-5 con 48.7%.

LÓPEZ, J., 1998., determinó la Uniformidad de aplicación en el Riego por Aspersión en la Sección “E” (Asentamientos E-1, E-2 y E-3), de la Irrigación Majes-Arequipa, encontró que en promedio el Coeficiente de Uniformidad (C.U.). Alcanzó el 42.36%, con valores para el Asentamiento E-1 de 42.35%, E-2 con 41.23.1% y E-3 con 43. 47%.

LLERENA, E., 1999., calculó la Uniformidad de aplicación en el Riego por Aspersión en los Asentamientos N°6 y N°7, de la Irrigación San Camilo La Joya-Arequipa, encontró para el Asentamiento 6, el Coeficiente de Uniformidad (C.U.), alcanzó a 52.61% y 52.74% para las Parcelas Tipo A y Tipo B, respectivamente y para el Asentamiento N°7 valores de 49.00% y 51.06% para las Parcelas Tipo A y Tipo B, respectivamente.

DEL CARPIO, L., 2001, encontró la Uniformidad de aplicación en el Riego por Aspersión en el Asentamiento N° 5 de la Irrigación San Camilo La Joya-Arequipa de 42.4%.

BUENDIA, E., et al, 2000., evaluaron tres tipos de sistemas: aspersión portátil, side-roll y goteo, con base en los Coeficientes de Uniformidad de distribución del agua de Christiansen, para los sistemas por aspersión y de Karmeli y Keller C.U. para goteo. Los resultados indicaron que las condiciones de operación y mantenimiento de los tres tipos de sistemas de riego fueron deficientes, ya que los valores medios de los coeficientes de uniformidad de distribución del agua de Christiansen, obtenidos en el caso de riego por aspersión fueron de 75.70% y 74.57% y los de Karmeli y Keller en riego por goteo de 80.97 %, menores de 80% y 90%, valores mínimos respectivos, que indican una uniformidad de distribución espacial adecuada del agua de riego sobre el terreno.

DECHMI, F. et al. 2000, en un trabajo sobre la evaluación del riego por aspersión en cobertura total en una parcela de maíz, analizó la variabilidad de cada uno de los riegos y del riego estacional aplicado al cultivo del maíz (*Zea mays* L. cv. Dracma). Se utilizó un marco de cobertura total caracterizado por una alta uniformidad de aplicación del agua en condiciones sin viento. Se estudió el efecto sobre la variabilidad espacial del rendimiento del cultivo (debido a su influencia sobre la uniformidad del riego).

Los resultados muestran que la variabilidad espacial del rendimiento del cultivo de maíz ha sido mucho más grande que la del agua estacional aplicada. La falta de uniformidad de algunos riegos pudo limitar la disponibilidad de agua en algunas parcelas durante fases críticas del desarrollo del cultivo.

FLORES, N. et. al. 2013., hicieron un estudio sobre la eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión, indicando que aplicaciones insuficientes o excesivas de agua, se debe a dimensionamientos inadecuados del sistema de riego por aspersión, ocasionando pérdidas de agua y limitan su eficiencia. Así la agricultura irrigada se debe realizar eficientemente, adoptando prácticas para racionalizar el uso del agua, haciéndola ambiental y económicamente sostenible. El objetivo del estudio fue evaluar la calidad de aplicación del agua en la superficie y en el perfil de un suelo oxisol, después del riego por aspersión convencional, utilizando la técnica de TOR para monitorear el contenido de agua en el suelo. En campo se instalaron 196 colectores con espaciamiento de 2 m. entre ellos y formando una malla con formato cuadrado. Con los datos recolectados se simuló sobre posiciones con diversos espaciamientos entre aspersores, determinando para cada superposición la uniformidad y eficiencia de aplicación de agua, para esta última se usó un modelo matricial lineal. La uniformidad de distribución de agua fue mayor para los menores espaciamientos entre aspersores en la superficie y en el perfil del suelo. El coeficiente de uniformidad de distribución de agua en el perfil del suelo fue mayor que el obtenido por láminas principales en los colectores en los espaciamientos 6x6 m. y 6x12 m. y menor en los demás espaciamientos. El análisis de los coeficientes de uniformidad y de las eficiencias de aplicación y almacenamiento de agua en el suelo, para diferentes simulaciones de espaciamiento entre aspersores, permite tomar decisiones en relación a la disposición de los aspersores en campo y en el uso del agua para riego de forma más confiable.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Este trabajo se realizó en el Distrito de Huambo, Provincia de Caylloma, Región Arequipa, ubicado a una Latitud Sur $15^{\circ} 38' 22''$ y $15^{\circ} 41' 06''$, Longitud Oeste $71^{\circ} 46' 08''$ y $71^{\circ} 40' 26''$ y a una altura 3 308 – 3 330 msnm. (Figura 6 y 7), Fotografía 01.

En el Cuadro 2, se muestra el Estado Situacional de los Proyectos de los GGERT (Grupo de Gestión Empresarial Riego Tecnificado), en el Valle del Colca.

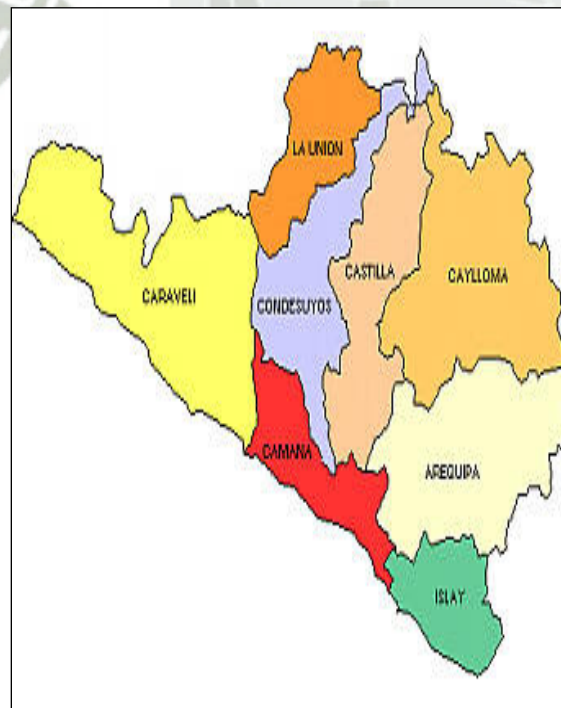


FIGURA 06. Ubicación Provincial del Proyecto

FIGURA 07. Ubicación Regional del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

FOTOGRAFÍA 01. Ubicación satelital del área del proyecto



Fuente: Google earth

CUADRO 02. Situación de los Proyectos de los GGERT (Grupo de Gestión Empresarial Riego Tecnificado). (Huambo)

Orden	Grupo de Gestión	Distrito	Área revisada	Beneficiarios	Tipo riego	Cultivo
1	Abrampampa	Huambo	15.07 ha	9	Móvil Aluminio.	Orégano
2	Staff	Huambo	6.00 ha	3	Móvil Aluminio	Orégano
3	Chipicpita	Huambo	18.6 ha	10	Cob. Total PE	Orégano
4	La Ponderosa	Huambo	7.61 ha	4	Cob. Total PE	Orégano

Fuente: Elaboración propia

3.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN PARA LA ZONA DEL PROYECTO

- *Chivay-Coporaque-Ichupampa-Lari-Madrigal-Mina Madrigal (50Km)* Atraviesa la margen derecha del Valle del Colca, uniendo 5 capitales distritales y un centro minero de la zona agropecuaria de dicho valle.
- *Chivay-Tuti-Sibayo-Callalli (45Km)* Es la principal vía de comunicación entre las zonas ganaderas y agropecuaria de esta zona. Partiendo de Chivay, articula a 4 capitales distritales, 2 de la parte ganadera y 2 de la agropecuria. Debe señalarse la relación vial que se establece entre Chivay y Callalli, la tercera localidad en población denominada, por su importancia económica, capital alpaquera de la zona.
- *Chalhuanca-Pulpera-Callalli-Chichas-Challuta (145 Km)* Se trata de un tramo de la carretera interregional que une a las ciudades de Arequipa y Cusco. Este tramo es la principal via de comunicación de los habitantes del centro y de la parte oriental de la zona ganadera de Caylloma.
- *Chivay-Cabrerias/ Yura-Arequipa (148 Km)* Es la vía más directa que une a Chivay con la ciudad de Arequipa. Esta carretera tiene un punto de encuentro con el ferrocarril Arequipa-Puno en la estación de Sumbay.
- *Chivay Cabanaconde-Huambo-Alto Siguas/ Panamericana Sur (351 Km)* La carretera fue construida como parte de las obras del Proyecto Majes.

- *Chivay-Callalli-Challuta (145 Km)-Cusco*, El motivo de la construcción de esta carretera fue el inicio de operaciones de la mina Tintaya. (Ministerio de Agricultura, 2013).

Vías de comunicación para el Distrito de Huambo

- Alto Sigwas (Pedregal) - Huambo – Cabanaconde. La carretera fue construida como parte de las obras del Proyecto Majes. Desvío de Alto Sigwas de la carretera de penetración a Huambo, que a través de una vía afirmada y después de 118 Km se llega a la localidad de Huambo. (Plano 01)(Ministerio de Agricultura, 2013)



PLANO 01. Vía desde El Pedregal (Irrigación Majes) hasta la zona del Proyecto (Huambo)

3.3. CLIMATOLOGÍA

Las características climatológicas de la zona corresponden a un clima templado a frío, estepa Montaña sub tropical, zona quechua, de acuerdo con los siguientes parámetros:

Los datos climáticos han sido proporcionados por la Estación Huambo (SENAMHI). Se puede indicar que la Temperatura tiene una máxima media mensual de 17.9 °C, una temperatura media mínima mensual de 4.7 °C. Las temperaturas más bajas se presentan al amanecer (05:00 horas y las más altas al mediodía (entre las 12:00 y 13:00 horas). La humedad relativa es intermedia; su promedio anual es de 60.3% que se incrementa en las épocas donde predominan las neblinas, registrándose los mayores valores en verano

(82%) y las menores en invierno (47%). Los vientos son los alisios del Pacífico en el día y aquellos provenientes de la Sierra (contra alisios) en la noche, siendo el más importante los alisios por su constancia e intensidad. Los desplazamientos de masas de aire registradas son de 1.9 a 4 m/seg medida a una altura promedio de 2 m. La precipitación pluvial es esporádica, con un promedio mensual acumulado de 0.3 mm hasta 81.50 mm anuales.

Las horas de sol presentan valores que varían entre 5.1 y 10.1 horas de sol por día. (Ministerio de Agricultura, 2013).

En el Cuadro 03, se presenta los valores promedios de los principales factores climáticos del área del proyecto.

CUADRO 03. Datos Climáticos de Huambo – SENAMHI

Variable	Años 2003 - 2011	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Humedad Relativa	Promedio	78,2	82,6	79,8	68,6	54,2	48,0	48,0	47,2	49,1	49,4	53,7	64,4
Temperatura Maxima Media Mensual	Promedio	17,3	17,1	17,3	18,2	17,9	17,6	17,5	18,3	18,6	18,9	18,7	18,0
Temperatura Minima Media Mensual	Promedio	6,4	6,9	6,3	5,3	3,8	3,3	3,2	3,6	3,9	4,1	4,4	5,3
Precipitación Total Mensual (mm)	Promedio	81,5	95,6	43,7	15,7	2,1	0,1	1,8	0,4	2,1	1,8	0,3	19,8
Velocidad de Viento (m/s)	Promedio	2,0	1,9	2,1	2,7	3,6	3,9	4,0	3,9	3,3	2,6	2,4	2,2
Horas de Sol (Horas y decimas)	Promedio	5,5	5,1	5,5	7,7	9,6	9,9	10,1	9,7	9,1	9,5	8,7	7,2

Latitud: 15°38"00 S" Longitud: 71°36 W" Altitud: 3651 msnm

Fuente: SENHAMI 2003 – 2011

Estos promedios corresponden a un período de 08 años, del 2003 al 2011, tomados en la estación SENAMHI de Huambo, Caylloma, Arequipa.

En el Cuadro 04 se muestra las características de los vientos en el año 2016. Se observa que en el año 2016 sigue la misma tendencia que lo registrado entre los años 2003 – 2011, es decir en términos generales, las velocidades más altas se presentan entre los meses de Mayo a Setiembre, con un promedio que varía de 2.6 m/s a 3.0 m/s. Cabe indicar también que a lo largo de todo el año (2016), las velocidades más altas varían entre 6.2 y 6.7 m/s las 13.00 horas.

CUADRO 04. Características de los vientos en Huambo 2016. SENAMHI

Características	En			Feb			Mar			Abr			May			Jun			Jul			Agos			Set			Oct			Nov			Dic			
	7	13	19	7	13	19	7	13	19	7	13	19	7	13	19	7	13	19	7	13	19	7	13	19	7	13	19	7	13	19	7	13	19	7	13	19	
Horas																																					
Dirección de Viento	C	N	C	C	NW	C	C	NS	C	C	N	C	CS	N	C	E	N	C	C	NW	C	C	NW	C	C	N	C	C	N	C	C	N	C	C	NW	C	
		NW			NE			SW	NW			SW	NW	SE		WE	NW		SW	NE	NW	SW	N		SW	NW		E	NW			NW			N		
					N			NE			SE	NE		SE			SE	NW		NE	C		E			SW	NE			NE							
					SE				E				SW					C	S		S			SE			S			NE							
Velocidad m/s	0.0	6.6	0.0	0.0	6.2	0.0	0.1	6.3	0.0	0.6	6.5	0.1	2.7	6.6	0.0	3.1	6.4	0.3	3.2	6.5	0.3	3.0	3.0	0.1	1.5	6.2	0.0	0.3	6.5	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	6.7	0.0	
Promedio m/s	2.3			2.1			2.2			2.5			3.0			3.2			3.3			3.0			2.6			2.4			2.1			2.4			

Fuente: Elaboración propia.SENAMHI 2016

Latitud: 15°38'00 S" Longitud: 71°36 W" Altitud: 3651 msnm

3.4. RECURSO AGUA

Una de las principales fuentes de agua del Valle del Colca es la proveniente del Río Colca; es uno de los ríos de mayor recorrido en la vertiente occidental de los andes, es alimentado por los deshielos de los nevados y las precipitaciones. Nace al NE de Arequipa al sur de Crucero Alto, entre los cerros Yaretana y Torre a 4,750 m.s.n.m. atravesando Quinsatacha, entre la quebrada Paco Paco. (Ministerio de Agricultura, 2013).

Las principales fuentes de abastecimiento de agua para algunas zonas del Valle del Colca son manantiales, deshielos de los nevados y el canal del Proyecto Majes, que cuenta con 21 válvulas para complementar el riego de las Comisiones de Usuarios de la margen izquierda del valle, con un caudal total de 1494 l/s distribuido en las 21 válvulas. Referente a la disponibilidad hídrica, podemos indicar que está conformada por 3 tipos:

- Sistema de riego regulado, aguas que derivan agua del canal Majes. (Irrigación Majes)
- Sistema de riego no Regulado, aguas que derivan aguas de los riachuelos y manantiales
- Sistema de riego de aguas Combinadas, aguas que derivan del canal Majes y se juntan con aguas provenientes de riachuelos.(Ministerio de Agricultura, 2013).

3.5. RECURSO SUELO

En el ámbito de la Junta de Usuarios Valle del Colca, su topografía es mayormente inclinada y el suelo es superficial, tal como se indica en el Cuadro 04. (Ministerio de Agricultura, 2013).

CUADRO 04. Topografía y profundidad de suelos de Huambo - Chivay

Topografía	Plana (0 a 2%)	Moderada (2 a 5%)	Inclinada (5 a 10%)
	Clase P1	Clase P2 36.363 Has	Clase P3 Past. Restrिंग.
Profundidad	Superficial (< a 20 cm)	Poco profundo (20 a 40 cm)	Profundo (> a 40 cm)
	1 – 2.5%	3 – 12%	30%

Fuente: Ministerio de Agricultura (2013).

3.6. FECHA DE EJECUCIÓN

Fecha de Inicio: Julio del 2016
Fecha de Término: Noviembre del 2016

3.7. MATERIALES

3.7.1. Materiales utilizados

3.7.1.1. Materiales de campo

(Para los Proyectos Abrampampa, Staff, La Ponderosa y Chipicpita).

- Manómetro de glicerina.
- Accesorios de riego presurizado.
- Probeta graduada.
- Cinta métrica
- Cronómetro
- Higrómetro (Thermo-Hygro) (Fotografía 02)
- Anemómetro (Fotografía 03)
- Vasos pluviométricos que según la norma UNE 68-072 son de forma cilíndrica y tamaño uniforme, con los bordes agudos y sin deformaciones, con una altura de al menos 12 cm y con un diámetro mínimo de 8,5 cm
- Manguera flexible de 2 cm de diámetro y 2,5 m de longitud.

- Balde de plástico graduado en 10, 15 ó 20 litros.
- Otros



FOTOGRAFÍA 02. Anemómetro empleado en las evaluaciones



FOTOGRAFÍA 03. Thermo-Hygro empleado en las evaluaciones

3.7.1.2. Materiales de escritorio

(Para los Proyectos Abrampampa, Staff, La Ponderosa y Chipicpita).

- Documentos técnicos del proyecto.
- Esquema del sistema de riego por aspersión.
- Formatos del Coeficiente de Uniformidad
- Laptop
- Calculadora
- Hojas de Cálculo de Christiansen

3.7.2. METODOLOGÍA SEGUIDA

- Se analizó el esquema hidráulico del sistema de riego por aspersión en los Grupos de Gestión Empresarial del Distrito de Huambo.
- Se evaluó los componentes del sistema de riego por aspersión a nivel parcelario.
- Se midió los caudales y presiones en los laterales de riego.
- Se determinó el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen:
 - Descarga de los aspersores $Q = V/t$ (l/s)
 - Presión en los aspersores en bar o mca
 - Velocidad del viento (m/s); Temperatura y Humedad Relativa ($^{\circ}\text{C}$ y %)
 - Agua caída en los pluviómetros (ml).

3.7.3. PROCEDIMIENTO DE LA EVALUACIÓN

- Ubicación de las parcelas a evaluar: 1 parcela del Proyecto Abrampampa, 1 parcela del Proyecto Staff, 1 parcela del Proyecto Chipicpita y 1 parcela del Proyecto La Ponderosa. Representan el 20% del número de beneficiarios en cada proyecto.
- Sensibilización a los agricultores seleccionados al azar.
- Colocación de los pluviómetros, formando un reticulado de 2x2 m., en la línea lateral unitaria.
- Abrir la válvula de la línea lateral unitaria
- Medir la descarga de los aspersores por el Método Volumétrico
- Medir la presión al inicio de la línea lateral unitaria con el manómetro (Bar o mca).
- Iniciar la prueba que debe durar 2 horas
- Medir periódicamente la dirección y velocidad del viento con el anemómetro
- Medir periódicamente la presión con el manómetro en los aspersores elegidos.
- Medir la Temperatura y humedad relativa con el Higrómetro
- Cerrar la válvula de la línea lateral unitaria (2 horas de funcionamiento)

- Medir la descarga caída en los pluviómetros con una probeta graduada
- Colocar los datos obtenidos en los formatos preparados para la prueba
- En gabinete, con los datos obtenidos en campo, aplicar la Formula de Christiansen. y hallar el Coeficiente de Uniformidad.
- Las pruebas deben realizarse en cada parcela a las 06.00 horas, 12.00 horas y 18.00 horas, para abarcar el estudio de la influencia de las presiones y del viento a lo largo del día y su efecto sobre el Coeficiente de uniformidad, entre otros aspectos.

3.7.4. COMPONENTES EN ESTUDIO

- Equipos de riego por aspersión de Aluminio (Abrampampa y Staff) y Polietileno (PE) (La Ponderosa y Chipicpita).
- Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en los cuatro Sectores (Abrampampa, Staff, Ponderosa y Chipicpita).

3.7.5. CROQUIS DEL ÁREA EN ESTUDIO

En la Fotografía 04, se muestra el área de los 4 grupos GEAR (Abrampampa, Staff, La Ponderosa y Chipicpita).

FOTOGRAFÍA 04. Sectores del Área del Proyecto



Fuente: Google earth.

3.7.6. EVALUACIONES REALIZADAS

En los cuatro Sectores se han efectuado las Pruebas para determinar el Coeficiente de Christiansen, (Abrampampa y Staff con laterales de aluminio y La Ponderosa y Chipicpita con mangueras de Polietileno P.E).

3.8. PROYECTO DEL GRUPO DE GESTIÓN EMPRESARIAL (GGERT) DE ABRAMPAMPA (Huambo).

Beneficiarios : 09
Área revisada: 15.07 ha
Sector : Abrampampa
Distrito : Huambo
Provincia : Caylloma
Región : Arequipa

- **Ubicación Geográfica:**

Coordenadas UTM-N : 8258758.44 m

Coordenadas UTM-E : 809939.46 m

Altitud : 3332 m.s.n.m.

Latitud Sur : 15°43'49.60"

Longitud Oeste : 72°06'28.94"

- **Límites:**

Por el Norte : Provincia Castilla

Por el Sur : Distrito de Lluta

Por el Este : Distrito de Cabanaconde

Por el Oeste : Provincia Castilla

- **Administración y manejo del agua con fines agrícolas:**

Comité de Usuarios : Huambo Campiña

Comisión de Usuarios : Huambo

Junta de Usuarios : Valle del Colca

Administración Local de agua: Colca Sigwas Chivay (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.1. Análisis de suelo

La muestra de suelo fue analizada en el Laboratorio de Servicio de Suelos de la UNALM – Lima. De acuerdo con los resultados del análisis de caracterización de suelos, se presenta lo siguiente: (Cuadro 05):

- El suelo es de textura Franco Arcilloso de acuerdo al triangulo textural.
- El pH es 7.64 decir, es un suelo moderadamente alcalino.
- La conductividad eléctrica (C.E.) es de 0.45 dS/m. por lo tanto se trata de un suelo no salino.
- El contenido de materia orgánica (M.O.) es bajo y 3.17 %, lo que supone un suelo con contenido normal de Materia Orgánica.
- Son suelos normales en contenido de Nitrógeno

- Se presenta una concentración de Fósforo (4.3 ppm), bajo.
- El potasio disponible es alto (68 ppm) y los Carbonatos de Calcio de (13.40%) alto.

En general se trata de un suelo con buenas características agronómicas sin concentraciones que pudieran resultar perjudiciales al cultivo a implementar. De reacción moderadamente alcalina débilmente salino, normal en contenido de MO y Nitrógeno, alto en concentración de Fósforo y Potasio, con referente al CIC es alto. Se recomienda aplicación de Materia orgánica después de cada corte o cosecha del cultivo, (Ministerio de Agricultura, 2015).

CUADRO 05. Análisis de suelos de GGE ABRAMPAMPA

DESCRIPCIÓN	M.O. %	P (ppm)	K (ppm)	pH 1:1	CE (mS/cm)	CaCO ₃ %	Textura
MUESTRA 1 ABRAMPAMPA	3.17	4.30	68.00	7.64	0.45	13.40	Franco arcilloso

Fuente: Laboratorio de suelos – UNALM. (2015)

3.8.2. Análisis de Agua

La muestra de agua de riego se tomó del Canal Tuti, que abastece del recurso hídrico al Sector de Abrampampa. La muestra de agua fue analizada en el Laboratorio de suelos de la UNALM. (Cuadro 06).

CUADRO 06. Análisis de Agua de GGE Abrampampa

RESULTADOS	CANAL ABRAMPAMPA
pH	7.14
CE (mS/cm)	2.11
Cationes (meq/L.)	
Calcio (Ca)	0.19
Magnesio (Mg)	0.03
Sodio (Na)	0.68
Potasio (K)	0.03
Suma de Cationes	0.93

Aniones (meq/L.)	
Carbonatos	0.00
Bicarbonatos (HCO ₃)	0.85
Cloruros (Cl)	0.10
Sulfatos (SO ₄)	0.12
Suma de aniones	1.07
RAS	2,05
Clase	C1S1

Fuente: Laboratorio de suelos – UNALM. (2015)

Según los resultados del análisis químico del agua, se puede mencionar lo siguiente:

- Cuenta con un pH de 7.14, por lo que se trata de un agua moderadamente alcalina.
- La conductividad eléctrica presenta un valor equivalente a CE = 2.11 dS/m, por la muestra se clasifica como una C1, es decir, es un agua con Salinidad baja.
- El valor del RAS es de 2.05, es decir, se trata de un agua con bajo contenido de sodio (S1).

En términos generales según la clasificación de Riverside es un agua de clase C1-S1, agua de baja salinidad, adecuado para el riego de cultivos y agua de bajo contenido en sodio, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3. Descripción de los componentes del sistema de riego

3.8.3.1. Módulos de riego

Los módulos de riego presurizado planificados son por aspersion móvil con un marco de distribución de 15 m x 12 m, tienen laterales de riego móvil, con aspersores de impacto de ¾" de conexión rosca macho, con una boquilla de 3.5 mm de diámetro, que se acopla sobre los laterales con un soporte de aluminio (elevador 0.7m x 3/4"), tubo de aluminio de 50mm y 28mm sin salidas y acoplamiento cobertura de 6m y accesorios. (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3.2. Hidrantes de Riego

Se instalaron en los sectores de riego contemplados en el proyecto, a partir de los arcos de riego. El Proyecto Integral, contempla 125 Hidrantes de Riego.

Hidrante Tipo A de 50mm. Constituido por una tee normal 2" de aluminio.

Hidrante Tipo B de 50mm. Formado por un codo 2"x 90° de aluminio.

Hidrante Tipo B de 28mm. Constituido por un codo 1"x 90° de aluminio (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3.3. Unidad de bombeo

El proyecto contempla además de la presión gravitacional, 01 unidad de bombeo para el arco de riego (V 01) debido a que no cuenta con energía gravitacional necesaria para cubrir los requerimientos de presión del Sistema de riego parcelario, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3.4. Arcos de riego.

Se planificó 14 arcos de riego de 2" y 3", según requerimiento de caudales de operación parcelaria, los que están implementados con válvulas oblicuas, válvulas esféricas, manómetros y válvulas de aire, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3.5. Válvulas reductoras de presión.

El estudio contempla 02 válvulas reductoras de presión de 4" y 01 válvula reductora de presión de 2 1/2", para regular las presiones de operación en los sectores críticos del proyecto, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3.6. Válvulas aire

Contempla 04 válvulas de aire de 2", ubicadas estratégicamente en la red de tuberías de conducción, para expulsar aire acumulado y evitar que se generen vacíos en la red de tuberías, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3.7. Válvulas de purga.

El estudio indica 02 válvulas de purga de 2" en la red de tuberías de conducción para realizar la limpieza y mantenimiento del sistema de riego, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3.8. Válvulas de control.

El proyecto contempla 02 válvulas de control (01 de 4" y 01 de 3"), que estará constituido por válvulas mariposa, válvulas de aire y accesorios, que cumplen la función de controlar el flujo de agua hacia las unidades de riego, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3.9. Red de conducción y distribución de tubería de PVC

Conformada por Tubería de PVC, la cual se inicia en la Toma del Reservorio, pasando por la válvula de control principal, hidrómetro y toma de aire, válvulas de control sectorial, hidrantes de riego, válvulas de aire y finaliza en los hidrantes de riego.

3.8.3.10. Caja de válvulas de control y purga de Reservorio

Constituida por una válvula tipo mariposa bridada de 4", una válvula volumétrica de 4" y una válvula de aire de 2", para poder realizar la operación y el control del sistema de riego, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3.11. Reservorio

Revestido con geomembrana de 0.75 mm, con una capacidad de almacenamiento de 972 m³, que dota de agua al sistema de riego, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.3.12. Obras complementarias

a) Captación

Se planificó una captación de concreto armado, con compuerta metálica tipo tarjeta, con capacidad para derivar agua hasta un caudal de 45 l/s, (Ministerio de Agricultura, 2015).

b) Desarenador

De concreto armado, con compuertas metálicas tipo tarjeta, para un caudal de 45 l/s, (Ministerio de Agricultura, 2015).

c) Cajas de protección de Válvulas

Para proteger las válvulas de cualquier accionar que perjudique el normal funcionamiento del sistema. Caja de Válvula de Control: de concreto simple de 96cm x 56cm x 80cm de altura y una tapa de plancha metálica corrugada de por 88cm x 48cm, (Ministerio de Agricultura, 2015), (Fotografía 05).



**FOTOGRAFÍA 05. Caja de protección de válvulas con tapa metálica
(Sector Abrampampa)**

d) Datos de Anclaje

Tienen la función principal de estabilizar el sistema de riego (red de tuberías), en los puntos donde existan cambios de dirección de flujo fuerte. La estructura es de concreto simple, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.8.4. Determinación del Coeficiente de Uniformidad en el área del Proyecto Abrampampa

El sistema de riego por aspersión para el GGE Abrampampa, es del tipo móvil de aluminio constituido por alas o laterales móviles, el marco de distribución de los aspersores 15m x 12m; la tubería matriz de PVC (Diámetros 160mm, 110mm, 90mm y 63mm) instalados en forma telescópica; laterales de aluminio de 50mm y 28mm de diámetro externo, accesorios de acoplamiento cobertura de aluminio, aspersores de impacto de polipropileno con una presión de trabajo de 3.0 bar y una pluviometría del sistema de 6.89 mm/hr. Bajo estas condiciones se ha efectuado las Pruebas del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen, (Ministerio de Agricultura, 2015). (Fotografías 06, 07, 08, 09 y 10).



FOTOGRAFÍA 06. Instalación del Sistema de Riego por Aspersión (Sector Abrampampa)



FOTOGRAFÍA 07. Altura de elevador en tubería de aluminio (Sector Abrampampa)



FOTOGRAFÍA 08. Pluviómetros en línea lateral unitaria de aluminio (Abrampampa).



FOTOGRAFÍA 09. Aspensor de impacto modelo (VYR 36) empleado en el Sector Abrampampa



FOTOGRAFÍA 10. Medición de la pluviometría con probeta en horario de 18.00 a 20.00 horas (Sector de Abrampampa)

3.9. PROYECTO DEL GRUPO DE GESTIÓN EMPRESARIAL (GGERT) STAFF (Huambo)

Beneficiarios: 03
Área revisada: 6.00 ha
Sector : Staff
Distrito : Huambo
Provincia : Caylloma
Región : Arequipa

- **Ubicación Geográfica:**

Coordenadas UTM-S : 82562200 m
Coordenadas UTM-E : 8099000 m
Altitud : 3420 m.s.n.m.
Latitud Sur : 15°45'12.80"
Longitud Oeste : 72°06'29.10"

- **Límites**

Por el Norte : Provincia Castilla
Por el Sur : Distrito de Lluta
Por el Este : Distrito de Cabanaconde
Por el Oeste : Provincia Castilla

- **Administración y manejo del agua con fines agrícolas:**

Comité de Usuarios : Huambo Campiña
Comisión de Usuarios : Huambo
Junta de Usuarios : Valle del Colca
ALA : Colca Siguas Chivay, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.1. Análisis de suelos Staff

Para efectos del estudio realizado se tomó 01 muestra de suelo agrícola, las mismas que fueron analizadas en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Arequipa.

- El suelo es de textura moderadamente gruesa, es decir Limo Franco.
- El pH es 7.55 decir, es un suelo semi alcalino.
- La conductividad eléctrica (C.E) es de 1.00dS/m. por lo tanto se trata de un suelo bajo de sales.
- El contenido de materia orgánica (M.O.) es bajo y 3.38%, lo que supone un suelo ligeramente normal en contenido de Materia Orgánica.
- Son suelos carentes de Nitrógeno con 0.17%.
- Se presenta una disponibilidad de Fósforo (14.85 ppm), ligeramente normal con este componente.
- El potasio disponible es ligeramente alto (262.48 ppm) y los Carbonatos de Calcio de (14.03%).

Es un suelo con reacción moderadamente alcalina en PH, débilmente salino en conductividad eléctrica, ligeramente normal en contenido de materia orgánica, nitrógeno y fosforo, ligeramente alto en contenido de potasio respectivamente.

En conclusión es un suelo que tiene buena capacidad de retención de la humedad, es apropiado para instalar el sistema de riego por aspersión, siendo apto para el cultivo propuesto. (Ministerio de Agricultura, 2015). (Cuadro 07).

CUADRO 07. Análisis de suelos GGE Staff

DESCRIPCIÓN	M.O. %	P (ppm)	K (ppm)	pH 1:2:5	CE (dS/m)	CaCO3 %	Textura
MUESTRA N°	3.38	14.85	262.48	7.55	1.00	14.03	FRANCO

Fuente: Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria-Arequipa. (2015).

3.9.2. Análisis de Agua Staff

La muestra de agua de riego se tomó del Canal de Aducción Tuti Túnel Terminal, que abastece del recurso hídrico al Comité de Usuarios Huambo.

La muestra de agua fue analizada en el Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria – Arequipa.

Según los resultados del análisis físico-químico del agua se puede mencionar lo siguiente:

- Cuenta con un pH de 6.65, por lo que se trata de un agua baja alcalina.
- La conductividad eléctrica presenta un valor equivalente a $CE = 0.21$ ms/cm, por lo la muestra se clasifica como una C1, es decir, es un agua con Salinidad baja.
- El valor del SAR es de 0.158, es decir, se trata de un agua con bajo contenido de sodio (S1).

Según la clasificación de Riverside es un agua de clase C1-S1 agua de baja salinidad, adecuado para el riego de cultivos empleado en suelos de buen drenaje: agua con bajo contenido de sodio sin riesgo.

En términos generales se puede concluir que el suelo tiene buena permeabilidad, el agua de riego puede utilizarse en suelos de textura entre limo y franca u orgánica. (Ministerio de Agricultura, 2015). (Cuadro 08).

CUADRO 08. Análisis de Agua GGE Staff

RESULTADOS	CANAL ADUCCIÓN TUTI TÚNEL TERMINAL
pH	6.65
CE (mS/cm)	0.21
Salinidad	Baja
Cationes (meq/L.)	
Calcio (Ca)	2.0
Magnesio (Mg)	1.5
Sodio (Na)	0.209
Potasio (K)	0.064
Suma de Cationes	3.773
Aniones (meq/L.)	
Carbonatos	0.0
Bicarbonatos (HCO ₃)	0.667
Cloruros (Cl)	1.083
Sulfatos (SO ₄)	0.302
Suma de aniones	2.052
SAR	0.158
PSI	5.539
Clase	C1-S1

Fuente: Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria-Arequipa. (2015)

3.9.3. Descripción de los componentes del sistema de riego

3.9.3.1. Toma de captación

La toma de captación planificada, está construida de concreto reforzado con acero, incluyendo asimismo la instalación de una compuerta tipo tarjeta. (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.3.2. Canales de Alimentación

Luego de captadas las aguas por medio de la toma de captación, se conducen las aguas hacia el reservorio de regulación, utilizando para ello una Tubería de conducción de PVC, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.3.3. Desarenador

Es de concreto armado, con compuertas metálicas tipo tarjeta, para un caudal de 45 l/s, caudal que corresponde al usuario. (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.3.4. Reservorio

Impermeabilizado con Geomembrana de polietileno de 0.75mm de espesor. El reservorio esta implementado con una válvula check con canastilla de 4", tubería de descarga de 4", una válvula mariposa de 4", un caudalimetro de 4", una válvula de aire de 2", asimismo tiene un canal de rebose de geomembrana y salida de concreto de 0.5m x 0.20m, una tubería de limpieza de 4", el cual se conecta a una válvula mariposa de 4"; las válvula están protegidas por una caja de concreto con tapas metálicas. El reservorio tiene una capacidad bruta de almacenamiento de 907 m³. (Ministerio de Agricultura, 2015). (Fotografía 11).



FOTOGRAFÍA 11. Reservorio del Sector de Staff

3.9.3.5. Cajas de protección para válvulas

Protege las válvulas de cualquier accionar que perjudique el normal funcionamiento del sistema. Caja de Válvula de Control de concreto simple de 96cm x 56cm x 80cm de altura y una tapa de plancha metálica corrugada de por 88cm x 48cm, (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.3.6. Dados de anclaje

Tienen la función principal de estabilizar el sistema de riego (red de tuberías), en los puntos donde existan cambios de dirección de flujo fuerte. La estructura es de concreto simple cuyas dimensiones son de acuerdo al diámetro de las tubería y la forma de los accesorios a estabilizar. (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.3.7. Tuberías de Conducción y Distribución

Las redes de conducción y distribución son tuberías de PVC con acople de anillo de jebe.

La red de tuberías de conducción y distribución, están enterradas a 0.80 m de profundidad, a excepción de un tramo, debido a que pasa por la quebrada denominado Riachuelo Colca, que normalmente esta sin agua, ocasionalmente escurre agua cuando llueve en las partes altas, generando caudales mínimos que no genera socavación ni erosión considerable, que luego tiende a secarse, por lo que se consideró pasar la tubería enterrada. (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.3.8. Válvulas de control

Implementado con 01 válvula compuerta de control de 4" y 02 válvulas compuerta de control de 3" con válvulas de aire y accesorios, que cumplen la función de controlar el flujo de agua hacia las unidades de riego. (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.3.9. Válvulas de aire

04 válvulas de aire de 1", ubicadas estratégicamente para la operación eficiente del sistema de riego. (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.3.10. Arcos de riego

Interconectan las redes troncales con los bloques de riego, permitiendo la apertura o cierre del hidrante respectivo de cada sector, así como la regulación de presiones en cada uno de ellos.

Están constituidos por válvulas de regulación y control manual de 3" con un total de 3 unidades, para presiones de trabajo de los aspersores de 30.00 mca.

(Un solo arco de riego cuenta con una válvula reductora de presión). (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.3.11. Hidrantes

Se han instalado en los sectores de riego, a partir de los arcos de riego, Existen 28 Hidrantes de Riego (25 Hidrantes tipo A y 03 Hidrantes tipo B). (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.3.12. Módulos de riego

El estudio contempla módulos de riego presurizado por aspersion móvil con un marco de distribución de 15 m x 12 m, laterales de riego móvil, con aspersores de impacto de material plástico de 3/4" conexión rosca macho con una boquilla de 4.00 mm de diámetro, que se acopla sobre los laterales con un soporte de aluminio (elevador 0.7m x 3/4"), tubos de aluminio de 50mm sin salidas y acoplamiento cobertura de 6m y accesorios. (Ministerio de Agricultura, 2015).

3.9.4. Determinación del Coeficiente de Uniformidad en el Sector de riego Staff.

Los módulos por aspersion móvil planificados, tienen un marco de distribución de 15 m x 12 m, laterales de riego móvil, con aspersores de impacto de material plástico de 3/4" de conexión rosca macho con una boquilla de 4.00 mm de diámetro, que se acopla sobre los laterales con un soporte de aluminio (elevador 0.7m x 3/4"), tubos

de aluminio de 50mm sin salidas y acoplamiento cobertura de 6m y accesorios. Bajo estas condiciones se ha efectuado las Pruebas del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen. (Ministerio de Agricultura, 2015). (Fotografías 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 y 19).



FOTOGRAFÍA 12. Tubería de aluminio 2", elevador $\frac{3}{4}$ " y aspersor plástico (Staff)



FOTOGRAFÍA 13. Aspersor de impacto empleado en el Sector Staff



FOTOGRAFÍA 14. Medición de la Presión medida en el aspersor (Sector Staff)



FOTOGRAFÍA 15. Medición de la descarga de aspersores (Sector Staff)



FOTOGRAFÍA 16. Medición de espaciamientos de los pluviómetros (Sector Staff)



FOTOGRAFÍA 17. Instalación de pluviómetros en el campo 2m x 2m (Sector Staff)



FOTOGRAFÍA 18. Pluviómetros colocados en el porta pluviómetro (Sector Staff)



FOTOGRAFÍA 19. Medición del agua caída en los pluviómetros (Sector Staff).

3.10. PROYECTO DEL GRUPO DE GESTIÓN EMPRESARIAL (GGERT) LA PONDEROSA

Beneficiarios : 04

Área revisada: 7.61 ha

Sector : La Ponderosa

Distrito : Huambo

Provincia : Caylloma

Región : Arequipa

- **Geográfica**

Coordenadas UTM-S : 8258758.44 m
 Coordenadas UTM-E : 809939.46 m
 Altitud : 3332 m.s.n.m.
 Latitud Sur : 15°43'49.60"
 Longitud Oeste : 72°06'28.94"

- **Límites**

Por el Norte : Provincia Castilla
 Por el Sur : Distrito de Lluta
 Por el Este : Distrito de Cabanaconde
 Por el Oeste : Provincia Castilla

- **Administración y manejo del agua con fines agrícolas**

Comité de Usuarios : Huambo
 Comisión de Usuarios : Huambo
 Junta de Usuarios : Valle del Colca
 Administración Local de Aguas: Colca Sigwas Chivay. (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.10.1. Análisis de Suelos La Ponderosa

De acuerdo con los resultados del análisis de caracterización de suelos se presentan las siguientes conclusiones:

El suelo es de textura moderadamente gruesa, es decir Limo Franco.

- El pH es 7.90 decir, es un suelo semi alcalino.
- La conductividad eléctrica (C.E) es de 0.47dS/m. por lo tanto se trata de un suelo bajo de sales.
- El contenido de materia orgánica (M.O) es bajo y 2.67%, lo que supone un suelo con bajo contenido de Materia Orgánica.
- Son suelos carentes de Nitrógeno con 0.13%.
- Se presenta una disponibilidad de Fósforo (53.64 ppm)
- El potasio disponible es medio (537.47 ppm) y los Carbonatos de Calcio de (2.84%).

En general se trata de un suelo con buenas características agronómicas sin concentraciones que pudieran resultar perjudiciales a los cultivos a implementar. Sin embargo, tomando en consideración la textura del suelo (franco), es un suelo con reacción moderadamente alcalina en PH, débilmente salino en conductividad eléctrica, bajo contenido de materia orgánica y ligeramente normal en nitrógeno, alto en concentración de fosforo y potasio respectivamente.

En conclusión es un suelo que tiene buena capacidad de retención de la humedad, es apropiado para instalar el sistema de riego por aspersion, apto para el cultivo propuesto.

En el Cuadro 09 se muestran los Resultado de los análisis de suelos de los beneficiarios GGE (Grupo de Gestión Empresarial) La Ponderosa, (Ministerio de Agricultura, 2013).

CUADRO 09. Análisis de suelo GGE La Ponderosa

DESCRIPCIÓN	M.O. %	P (ppm)	K (ppm)	pH 1:2:5	CE (dS/m)	CaCO3 %	Textura
MUESTRA N°3546	2.67	53.64	537.47	7.90	0.47	2.84	FRANCO

Fuente: Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria-Arequipa. (2013)

3.10.2. Análisis de Agua La Ponderosa

La muestra de agua de riego se tomó del Canal de Aducción Tuti Túnel Terminal, que abastece del recurso hídrico al Comité de Usuarios Huambo. La muestra de agua fue analizada en el Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria – Arequipa. Según los resultados del análisis físico-químico del agua se puede mencionar lo siguiente:

- Cuenta con un pH de 8.16, por lo que se trata de un agua baja alcalina.
- La conductividad eléctrica presenta un valor equivalente a CE = 0.49 ms/cm, por lo la muestra se clasifica como una C2, es decir, es un agua con Salinidad media.
- El valor del SAR es de 0.985, es decir, se trata de un agua con bajo contenido de sodio (S1).

Según la clasificación de Riverside es un agua de clase C2-S1 agua de salinidad media, adecuado para el riego de cultivos empleado en suelos de buen drenaje: agua con bajo contenido de sodio sin riesgo sin embargo puede presentarse problemas en cultivos muy sensibles al sodio.

En términos generales se puede concluir el suelo debe tener buena permeabilidad, y el cultivo seleccionado debe ser tolerante a la sal, el agua de riego puede utilizarse en suelos de textura entre limo y franca u orgánica con permeabilidad adecuada. (Cuadro 10). (Ministerio de Agricultura, 2013).

CUADRO 10. Análisis de Agua GGE La Ponderosa

RESULTADOS	CANAL ADUCCIÓN TUTI TÚNEL TERMINAL
pH	8.16
CE (mS/cm)	0.49
Salinidad	Media
Cationes (meq/L.)	
Calcio (Ca)	2.2
Magnesio (Mg)	2.3
Sodio (Na)	1.478
Potasio (K)	0.089
Suma de Cationes	6.067
Aniones (meq/L.)	
Carbonatos	0.0
Bicarbonatos (HCO ₃)	1.0
Cloruros (Cl)	1.95
Sulfatos (SO ₄)	1.271
Suma de aniones	4.221
SAR	0.985
PSI	24.361
Clase	C2-S1

Fuente: Laboratorio del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) – Arequipa. 2013.

3.10.3. Descripción de los Componentes del Sistema de Riego

3.10.3.1. Porta lateral de riego

La línea porta lateral distribuye el agua de riego de los hidrantes hacia los laterales de riego. Está conformada por tuberías de PVC con acople de anillo de jebe, (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.10.3.2. Laterales de riego

Los laterales de riego son mangueras de polietileno con diámetros de 50mm, 32mm y 25mm. Están conectadas a las red porta lateral por medio de adaptadores tipo compresión a rosca. (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.10.3.3. Emisores de riego

Los emisores planificados serán conectados a los laterales con conexión de acople rápido que permitan el retiro sin demandar el uso de herramientas especiales.

Los elevadores son de material de polietileno con protección UV. Para el soporte de los aspersores se tiene una varilla metálica lo suficientemente estable de 1.0m.

Los emisores de riego planificados son aspersores de baja pluviometría de conexión $\text{Ø } \frac{1}{2}$ ", con un diámetro de boquilla de 2.8 x 1.8 mm, un radio de alcance de 12.0 m y un caudal nominal de 510 l/h para una presión nominal de trabajo de 15mca (1.5 bar), con un espaciamiento entre aspersores y líneas de 12.0m. (12 x 12 m), (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.10.3.4. Hidrantes

Los Hidrantes interconectan la red de conducción (ramales) con los sectores de riego, permitiendo la apertura o cierre del hidrante respectivo de cada sector, así como cierta regulación de presiones en cada uno de ellos.

Los arcos de riego están constituidos por válvulas tipo bola plásticas de control manual de $\text{Ø} 2$ ". Los arcos de riego se ubican bajo el nivel del suelo. Cuenta con una toma de presión plástica $\frac{1}{4}$ " tipo aguja, (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.10.3.5. Red de Conducción y distribución

Tienen como finalidad conducir las aguas almacenadas en el Reservoirio hacia los sectores de riego correspondientes, generando energía hidráulica por diferencia de altura.

La Red de Tuberías de Conducción se divide en dos Ramales A y B. El Ramal A sirve a los sectores ubicados en la zona Norte del proyecto, se inicia en el Reservoirio R-1, este ramal cruza una quebrada denominada Salinas, en este tramo el ramal se compone de dos líneas de manguera polietileno tipo Lay Flat en paralelo \varnothing 3", la que será instalada solo durante la operación del sistema y deberá ser retirada en épocas del año donde exista el riesgo de que se active la quebrada. El Ramal B se inicia en el Reservoirio R-1 y sirve a los sectores ubicados en la zona Sur del proyecto.

La Red de Tuberías de Conducción está conformada por tuberías de PVC con acople de anillo de jebes y mangueras de polietileno tipo Lay Flat con acople rápido de aluminio, (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.10.3.6. Válvulas de aire y Medidor de Caudal

Existen dos válvulas de aire de 1" en dos puntos altos de la red para evitar acumulación de aire en la tubería de conducción, un Medidor de Caudal de 4" tipo Woltman para el control volumétrico de uso de agua de riego, (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.10.3.7. Obras civiles

a) Tomas de Captación

La Tomas de Captación es de concreto simple, incluyendo la instalación de una compuerta tipo tarjeta. (Ministerio de Agricultura, 2013).

b) Canal de Alimentación

Conducen las aguas hacia el reservorio de regulación, utilizando para ello un canal de conducción en concreto simple con una longitud

aproximada de 15m. Ambos canales son de sección rectangular con una capacidad de 60 l/s. (Ministerio de Agricultura, 2013).

c) Reservoirio

Está impermeabilizado con geomembrana de polietileno de 0.5mm de espesor. El Reservoirio denominado R-01, tiene una capacidad neta de 1705.1 m³. El reservoirio tiene una tubería de rebose de 8", una tubería de limpieza de 8", el cual se conecta a una válvula compuerta de 8", la válvula está protegida por una caja de concreto con una tapa metálica, (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.10.4. Determinación del Coeficiente de Uniformidad en el Sector de Riego La Ponderosa

Los laterales de riego son mangueras de polietileno con diámetros de 50mm, 32mm y 25mm. Están conectadas a las red porta lateral por medio de adaptadores tipo compresión a rosca de dimensiones 1 ½" a 50mm, 1" a 32mm, 1" a 25mm según el diámetro inicial de cada lateral. Las reducción de 50 a 32mm y de 32 mm a 25mm es por medio de un acople tipo compresión.

Cada línea lateral tiene tapón que permita la purga por medio de una acople tipo compresión rosca de 32mm a ¾" y 25mm a ¾" y sellada con un tapón hembra de ¾". Los emisores de riego están conectados a los laterales con un tipo de conexión de acople rápido que permiten el retiro sin demandar el uso de herramientas especiales. Los elevadores son de material de polietileno (manguera). Para el soporte de los aspersores se tiene una varilla metálica lo suficientemente estable de 1.0m. Los emisores de riego son aspersores de baja pluviometría de conexión Ø ½", con un diámetro de boquilla de 2.8 x 1.8 mm, un radio de alcance de 12.0 m y un caudal nominal de 510 l/h para una presión nominal de trabajo de 15mca (1.5 Bar), con un espaciamiento entre aspersores y líneas de 12.0m, (12 x12m). La línea porta-lateral distribuye el agua de riego luego de los hidrantes hacia los laterales de riego.

Está conformada por tuberías de PVC con acople de anillo de jebe. (Ministerio de Agricultura, 2013). (Fotografías, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 y 27).



FOTOGRAFÍA 20. Lateral con tubería PE Ø 25 mm con accesorios (La Ponderosa)



FOTOGRAFÍA 21. Instalación tubería PE Ø 25 mm, tubo conector de aspersor y conector inicial (Sector La Ponderosa)



FOTOGRAFÍA 22. Colocación de pluviómetros en campo (Sector La Ponderosa)



FOTOGRAFÍA 23. Aspensor de impacto empleado en el Sector La Ponderosa



FOTOGRAFÍA 24. Medición de la pluviometría con probeta (Sector La Ponderosa)



FOTOGRAFÍA 25. Presión medida en el aspersor (Sector La Ponderosa)



FOTOGRAFÍA 26. Medición de la descarga de un aspersor (Sector La Ponderosa)



FOTOGRAFÍA 27. Pluviómetros instalados en la tubería PEØ25 mm. (La Ponderosa)

3.11. PROYECTO DEL GRUPO DE GESTIÓN EMPRESARIAL (GGERT) CHIPICPITA (Huambo)

Beneficiarios: 10

Área revisada: 18.6

- **Política:**

Región : Arequipa
Provincia : Caylloma
Distrito : Huambo
Sector : Chipicpita

- **Geográfica:**

Coordenadas UTM

Coordenada Este : 811100.56 m E

Coordenada Norte : 8254867.41 m S

Altitud : 3634 m.s.n.m.

- **Límites:**

Sus límites distritales son los siguientes

Por el Norte : Provincia Castilla

Por el Sur : Distrito de Lluta

Por el Este : Distrito de Cabanaconde

Por el Oeste : Provincia Castilla

- **Administración y manejo del agua con fines agrícolas:**

Comité de Usuarios : Huambo Campiña

Comisión de Usuarios : Chipicpita

Junta de Usuarios : Caylloma

ALA : Colca Sigvas Chivay

Fuente: Ministerio de Agricultura, 2013

3.11.1. Análisis de Suelos

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Semillas de la Estación Experimental de Arequipa INIA. De acuerdo con los resultados del análisis de caracterización de suelos, se presentan las siguientes conclusiones: (Cuadro 11)

- El suelo es de textura Franca de acuerdo al triangulo textural.
- El pH es 7.94 decir, es un suelo moderadamente alcalino.

- La conductividad eléctrica (C.E) es de 0.30dS/m. por lo tanto se trata de un suelo no salino.
- El contenido de materia orgánica (M.O) es bajo y 3.11%, lo que supone un suelo con contenido normal de Materia Orgánica.
- Son suelos normales en contenido de Nitrógeno
- Se presenta una concentración de Fósforo (31.89 ppm), alto.
- El potasio disponible es alto (449.97 ppm) y los Carbonatos de Calcio de (10.15%) excesivo.

En general se trata de un suelo con buenas características agronómicas sin concentraciones que pudieran resultar perjudiciales al cultivo a implementar. De reacción moderadamente alcalina débilmente salino, normal en contenido de MO y Nitrógeno, alto en concentración de Fósforo y Potasio, con referente al CIC es alto. Se recomienda aplicación de MO siempre.

De acuerdo al triangulo textural y características hidráulicas del suelo en mención de USD Agricultural Research Service se tiene un suelo de textura franco arcilloso la conductividad hidráulica en condiciones saturadas es 7.77 mm/hr como referencia, (Ministerio de Agricultura, 2013).

CUADRO 11. Análisis de suelos GGE Chipicpita

DESCRIPCIÓN	M.O %	P (ppm)	K (ppm)	pH 1:1	CE (mS/cm)	CaCO3 %	Textura
MUESTRA Chipicpita	3.11	31.89	449.97	7.94	0.30	10.15	Franco

Fuente: Laboratorio INIA Arequipa. 2013.

3.11.2. Análisis de Agua

La muestra de agua de riego se tomó del Canal Chipicpita, que abastece del recurso hídrico al sector Matadero y Serenayoc.

La muestra de agua fue analizada en el de Servicio de Suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Arequipa Según los resultados del

análisis químico del agua (adjuntos en los Anexos del Perfil) se puede mencionar lo siguiente:

- Cuenta con un pH de 7.30, por lo que se trata de un agua moderadamente alcalina.
- La conductividad eléctrica presenta un valor equivalente a $CE = 0.21\text{dS/m}$, por lo la muestra se clasifica como una C1, es decir, es un agua con Salinidad baja.
- El valor del SAR es de 0.395, es decir, se trata de un agua con bajo contenido de sodio (S1).

En términos generales según la clasificación de Riverside es un agua de clase C1-S1, agua de baja salinidad, adecuado para el riego de cultivos y agua de bajo contenido en sodio, (Cuadro 12). (Ministerio de Agricultura, 2013).

CUADRO 12. Análisis de Agua del GGE Chipipicta

RESULTADOS	CANAL CHIPICPITA
pH	7.30
CE (mS/cm)	0.21
Cationes (meq/L.)	
Calcio (Ca)	1.6
Magnesio (Mg)	1.9
Sodio (Na)	0.522
Potasio (K)	0.064
Suma de Cationes	4.086
Aniones (meq/L.)	
Carbonatos	0.00
Bicarbonatos (HCO ₃)	0.933
Cloruros (Cl)	0.500
Sulfatos (SO ₄)	0.573
Suma de aniones	2.006
RAS	0.395
Clase	C1S1

Fuente: Laboratorio INIA. (Ministerio de Agricultura, 2013)

3.11.3. Descripción de los componentes del Sistema de Riego

3.11.3.1. Sectores de Riego

El Proyecto Integral contempla laterales de riego con mangueras de diámetro interno de 44mm, cada tramo de 12 m va instalado una tee de 1.5" con conexión y una salida a ¾" rosca hembra, donde va instalado un elevador de PVC donde se conecta el aspersor de impacto de material plástico de ¾" de conexión rosca macho, un tapón y una boquilla de bronce de 3.7mm de diámetro con cuchara y martillo como componente del aspersor así como arandelas y resortes propios del cuerpo del aspersor. Adicionalmente los elevadores son estabilizados por un soporte de metal con accesorios de sujeción. Al final de cada lateral de riego se instaló un tapón hembra 1.5" (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.11.3.2. Válvulas de control de Riego

Se han instalado en la trayectoria de la Tubería Matriz, su función es regular la distribución y el normal funcionamiento de la red de Tuberías porta laterales y los Laterales de Riego. Las válvulas de control son de accionamiento manual, el material de construcción es de Latón tipo pesada, de compuerta y tiene la capacidad de soportar 160 mca (16 bar). Para efectos de mantenimiento de las válvulas, cada una tiene una conexión con unión universal de acuerdo a su diámetro en los casos donde el diámetro de la tubería es igual al diámetro de la válvula se utiliza una tee para su conexión respectiva. Las válvulas están protegidas con un tubo de PVC de 400 mm, tubo que va enterrado formando una cavidad alrededor de la válvula, también para tener acceso al accionamiento. (Ministerio de Agricultura, 2013)

3.11.3.3 Red de distribución de PVC

Está conformada por Tubería de PVC, la cual se inicia en la Toma del Reservorio, pasando por la toma de aire, válvula de control principal, válvulas de control de los sectores de riego, válvulas de aire y finaliza en el drenaje de

la red principal que en algunos casos en los finales de la matriz termina con un tapón SP.

La tubería de distribución de PVC está constituida en forma telescópica y va desde 160mm hasta 75mm, cada tubería tiene una longitud total de 6 m, el diámetro interno varía de acuerdo a la clase. La toma de aire está conformada por una abrazadera y accesorios de conexión y un niple de 63mm de diámetro. La Válvula de control principal está constituido por una válvula tipo mariposa de palanca, La conexión en la tubería matriz es a través de dos bujes con sus respectivas bridas de PVC. A lo largo de la red de tubería matriz se ubican válvulas de aire 2".El drenaje de la tubería matriz está constituido por dos codos de 90mm PVC un adaptador de 90mm PVC y una válvula de 3" tipo compuerta de bronce pesado. (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.11.3.4. Obras complementarias

a) Tomas de captación

El ingreso del agua es directamente desde un canal de tierra., (Ministerio de Agricultura, 2013). (Fotografía 28).



FOTOGRAFÍA 28. Canal de ingreso, desarenador, rejilla y tubo de ingreso (Sector Chipicpita)

b) Desarenador

Dicha estructura tiene por finalidad capturar los elementos sólidos (arenas) provenientes del canal, ubicado antes del ingreso al reservorio, cuenta con accesorios como la compuerta de limpia, construido con concreto armado, (Ministerio de Agricultura, 2013) (Fotografía 29).



FOTOGRAFÍA 29. Desarenador, compuerta de limpia, rejilla y tubo de ingreso (Sector de Chipicpita)

c) Tubería de aducción al Reservorio.

Instalación de un tramo de tubería de PVC de 250mm para conducir el agua de riego desde el desarenador hasta el reservorio para el almacenamiento del agua, (Ministerio de Agricultura, 2013).

d) Reservorio

El reservorio de tierra e impermeabilizado con geomembrana de PE, 0.5 mm con una capacidad de 2 195.39 m³. Se cuenta con un aliviadero de demasías construido de tierra e impermeabilizado con geomembrana. Para el mantenimiento de dicha estructura se cuenta con un tubo de drenaje de 160mm PVC y una válvula de 6" mariposa tipo palanca protegida dentro de una caja de protección,(Ministerio de Agricultura, 2013), (Fotografía 30).



FOTOGRAFÍA 30. Reservorio de tierra revestido con geomembrana (Chipicpita)

e) Cajas de protección de Válvulas

La función principal es la de proteger las válvulas de cualquier accionar que perjudique el normal funcionamiento del sistema de control. La Caja de Válvula de Control de 160mm es de concreto simple de 80cmx58cmx60cm altura, y una tapa de plancha metálica corrugada de 1/8" por 68cm x 90cm, con pintura anticorrosiva, bisagras y candado de 45mm. Caja de Protección de Válvulas de Aire de 2": de concreto simple de 8" de diámetro 48 cm x 60cm de altura, espesor de 0.10m y una tapa de plancha metálica corrugada de 1/8" de 30cm de Ø con bisagras y candado de 20mm.

Las válvulas de control de las unidades de riego están protegidas con un tubo de PVC de 400mm x 60cm que va enterrada formando una cavidad alrededor de la válvula, y en la parte de arriba lleva una tapa fabricada del mismo material del tubo, (Ministerio de Agricultura, 2013).

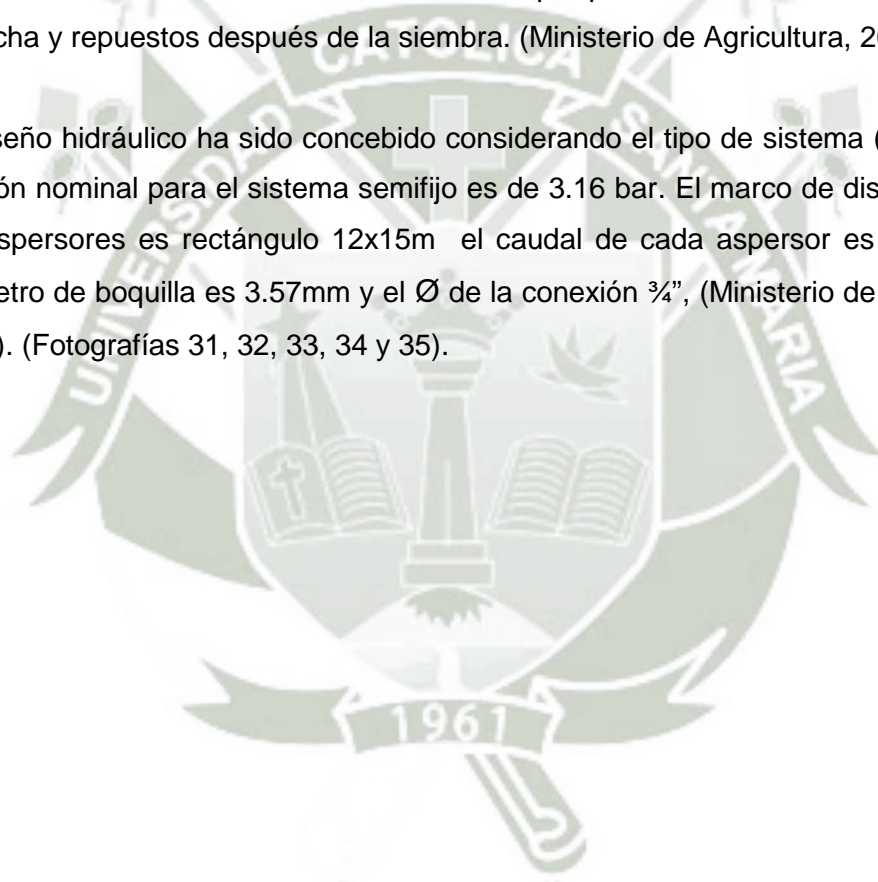
f) Datos de Anclaje

Tienen la función principal de estabilizar el sistema de riego (red de tuberías), en los puntos donde existan cambios de dirección de flujo. La estructura es de concreto simple cuyas dimensiones están de acuerdo al diámetro de las tubería y la forma de los accesorios a estabilizar, (Ministerio de Agricultura, 2013).

3.11.4. Determinación del Coeficiente de Uniformidad en el Sector de Riego Chipicpita

Se ha planteado el sistema de distribución de los laterales de riego en sentido aproximadamente paralelo a las curvas de nivel, a fin de reducir los efectos de las pérdidas por fricción, de manera que permita la uniformidad de aplicación de aspersores. Para las unidades de riego los laterales de riego están compuesto de tuberías de PVC de 90mm, 75mm y 63mm, las cuales van enterrados dentro del suelo y los laterales de riego está compuesto de manguera de polietileno de 1.5" que van instalados sobre el nivel del suelo que pueden ser retirados antes de la cosecha y repuestos después de la siembra. (Ministerio de Agricultura, 2013).

El diseño hidráulico ha sido concebido considerando el tipo de sistema (semifijo), la presión nominal para el sistema semifijo es de 3.16 bar. El marco de distribución de los aspersores es rectángulo 12x15m el caudal de cada aspersor es 870 l/hr, el diámetro de boquilla es 3.57mm y el \varnothing de la conexión $\frac{3}{4}$ ", (Ministerio de Agricultura, 2013). (Fotografías 31, 32, 33, 34 y 35).





FOTOGRAFÍA 31. Línea lateral con tubería PEØ 32 mm. (Sector Chipicpita)



FOTOGRAFÍA 32. Aspensor sectorial de impacto plástico 2 boquillas empleado en Sector Chipicpita



FOTOGRAFÍA 33. Medición de la pluviometría con probeta graduada (Chipicpita)



FOTOGRAFÍA 34. Instalación de líneas laterales con P.E. Ø 32 mm. (Chipicpita)



FOTOGRAFÍA 35. Líneas laterales P.E.Ø 32 mm instalados en campo (Chipicpita)

3.12. ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

Se efectuaron los análisis empleando Hojas de cálculo de la fórmula de Christiansen para determinar el Coeficiente de Uniformidad.

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1. EVALUACIONES EN EL SECTOR DE ABRAMPAMPA (Huambo).

4.1.1. PRESIÓN

En el Cuadro 13, se observa que en promedio la máxima presión se obtiene en las evaluaciones de la 06.00 horas con 3.00 bar y la más baja en el horario de las 12.00 horas con 2.00 bar. En promedio a las 06.00 horas es de 2.90 bar, a las 12.00 horas de 2.20 bar y a las 18.00 horas de 2.30 bar. En el Gráfico 01, se muestra la representación gráfica.

CUADRO 13. Presión medida durante las evaluaciones (bar) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Abrampampa. Huambo.

Sector Abrampampa	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Presión bar				
Máxima	3.00	2.40	2.50	2.63
Mínima	2.80	2.00	2.10	2.30
Promedio	2.90	2.20	2.30	2.47

Fuente: Elaboración propia

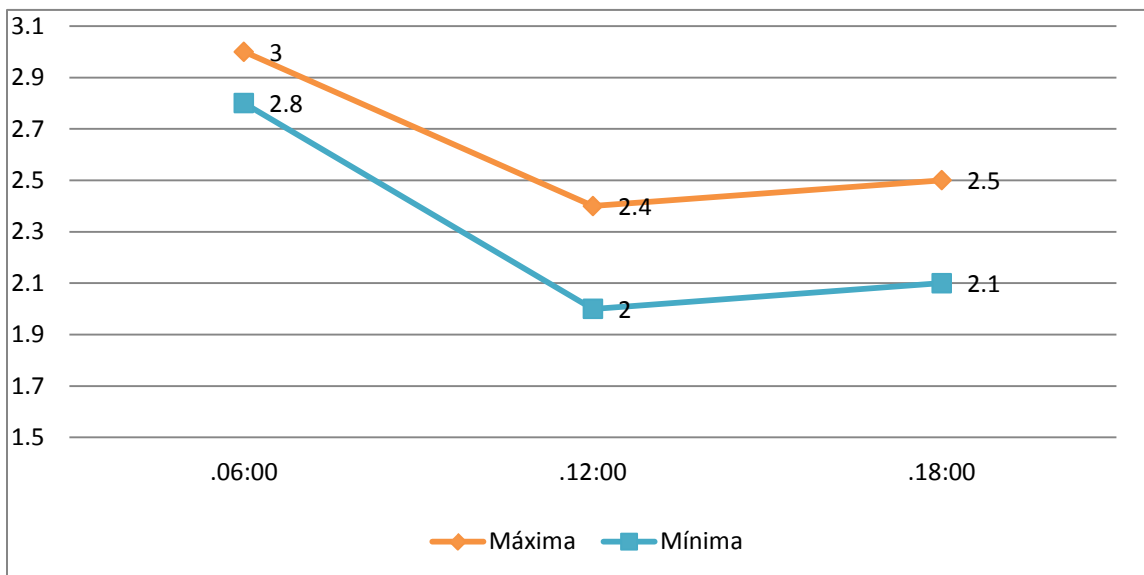


GRAFICO 01. Variación de la presión (bar) durante las evaluaciones en Sector Abrampampa. Huambo

4.1.2. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

En el Cuadro 14 se indica que en promedio las velocidades más altas se presentan en el horario de las 12.00 horas con 5.59 m/s y las más bajas en el horario de las 18.00 horas con 0.00 m/s (Calmo). La dirección del viento a las 06.00 horas es de SE, a las 12.00 horas NW y a las 18.00 horas es Calmo. En el Gráfico 02 se muestra su representación gráfica.

CUADRO 14. Velocidad y dirección del viento (m/s) durante las evaluaciones (m/s) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Abrampampa. Huambo.

Sector Abrampampa	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Velocidad del viento m/s				
Máxima	SE 3.72	NW 5.59	C 1.03	3.45
Mínima	SE 2.50	NW 4.57	C 0.00	2.36
Promedio	2.75	5.08	0.52	

Fuente: Elaboración propia

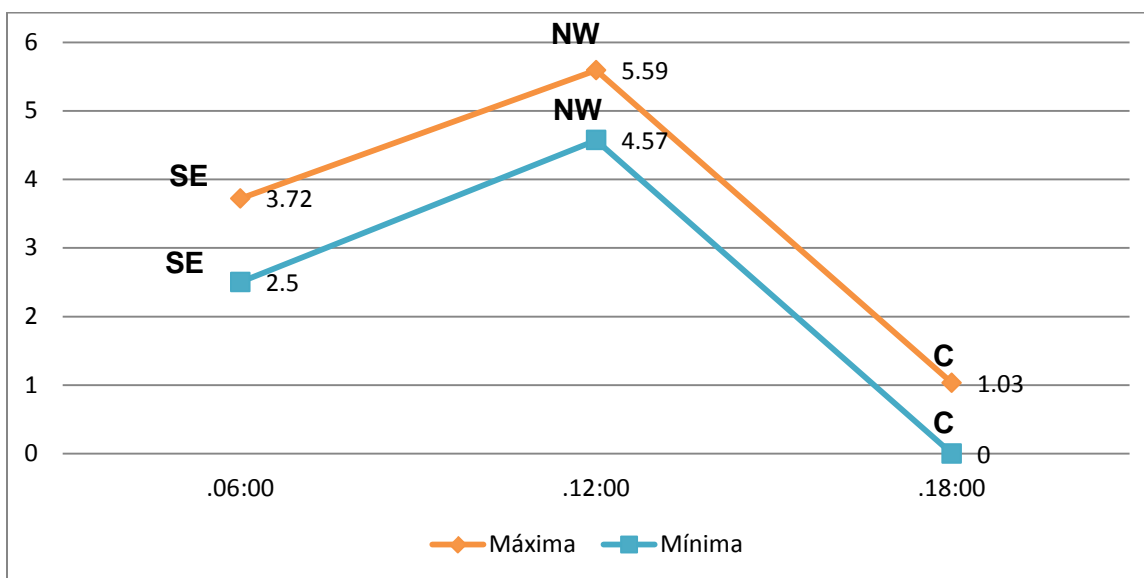


GRAFICO 02 Variación de la velocidad del viento durante la prueba (m/s).

4.1.3. TEMPERATURA

En el Cuadro 15 se muestra que en promedio las temperaturas más altas se registran a las 12.00 horas con 18.4 °C y las más bajas a las 06.00 horas con 2.3 °C. En promedio a las 06.00 es de 5.5°C., a las 12.00 horas de 16.4 °C. y a la 18.00 horas de 6.3 °C. La representación gráfica se presenta en el Gráfico 03.

CUADRO 15. Temperatura medida durante las evaluaciones (°C) en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Abrampampa. Huambo.

Sector Abrampampa Grados Celsius °C	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Máxima	8.6	18.4	9.2	12.1
Mínima	2.3	14.4	3.3	6.7
Promedio	5.5	16.4	6.3	

Fuente: Elaboración propia

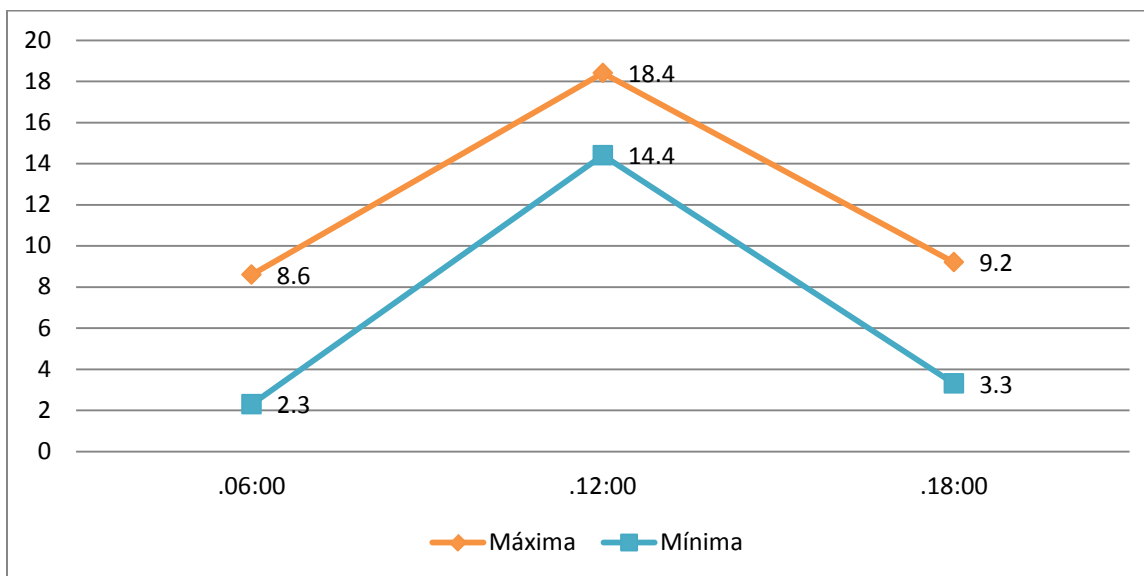


GRAFICO 03. Variación de la Temperatura durante las evaluaciones (°C).

4.1.4. HUMEDAD RELATIVA

En el Cuadro 16 muestra que los valores más altos con 51.0%, se registran a la 06.00 horas, mientras que la más baja con 49.5%, a las 12.00 horas.

En el Gráfico 04 se muestra la representación gráfica.

CUADRO 16. Variación de la Humedad Relativa (%) durante las evaluaciones (%) en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Abrampampa. Huambo.

Sector Abrampampa	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
H.R. %	51.00	49.5	50.2	50.2
Promedio	51.00	49.5	50.2	

Fuente: Elaboración propia

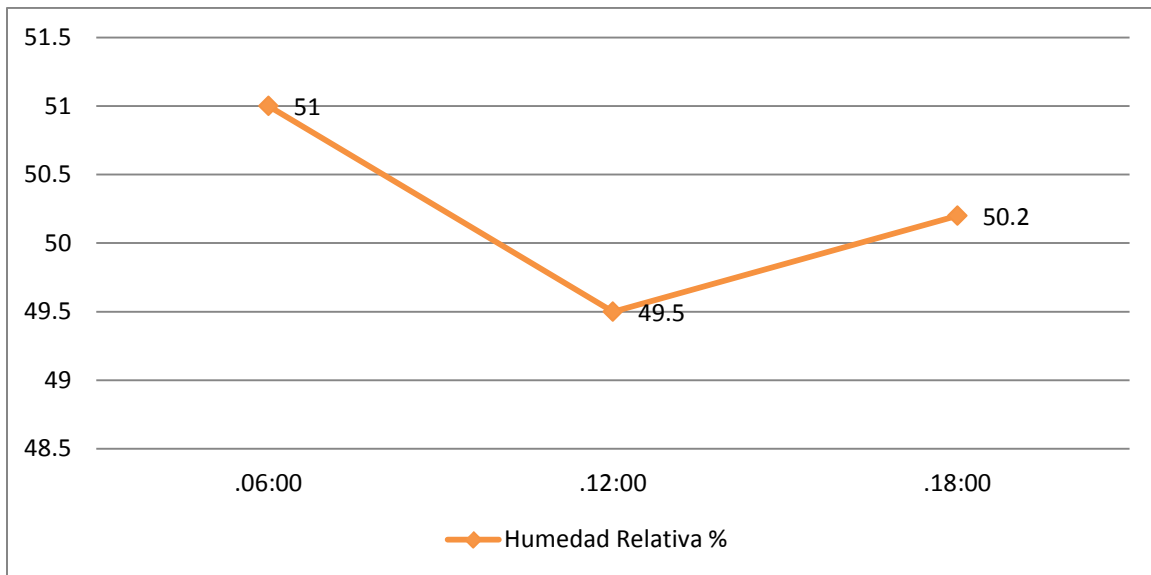


GRAFICO 04 Variación de la Humedad Relativa (%) durante las evaluaciones

4.1.5. ALTURA DE ELEVADORES

Los elevadores son de aluminio de 70 cm de altura y $\frac{3}{4}$ " de diámetro.

4.1.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES

Los aspersores empleados en el Sector de Abrampampa son VYR- 36, de plástico, con dos boquillas de metal de 3.6 mm x 2.4 mm de diámetro (Anexo 06)

4.1.7. DESCARGA DE LOS ASPERSORES

En el Cuadro 17 se muestra que en promedio, las descargas más altas se presentan en el horario de las 18.00 horas con 1400 l/h y las más bajas a las 12.00 horas con 1110 l/h. La representación gráfica se muestra en el Gráfico 05.

CUADRO 17. Descarga medida durante las evaluaciones (l/h) en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Abrampampa. Huambo.

Sector Abrampampa	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Caudal l/h				
Máxima	1315	1290	1400	1335
Mínima	1125	1110	1020	1085
Promedio	1220	1200	1210	1210

Fuente: Elaboración propia

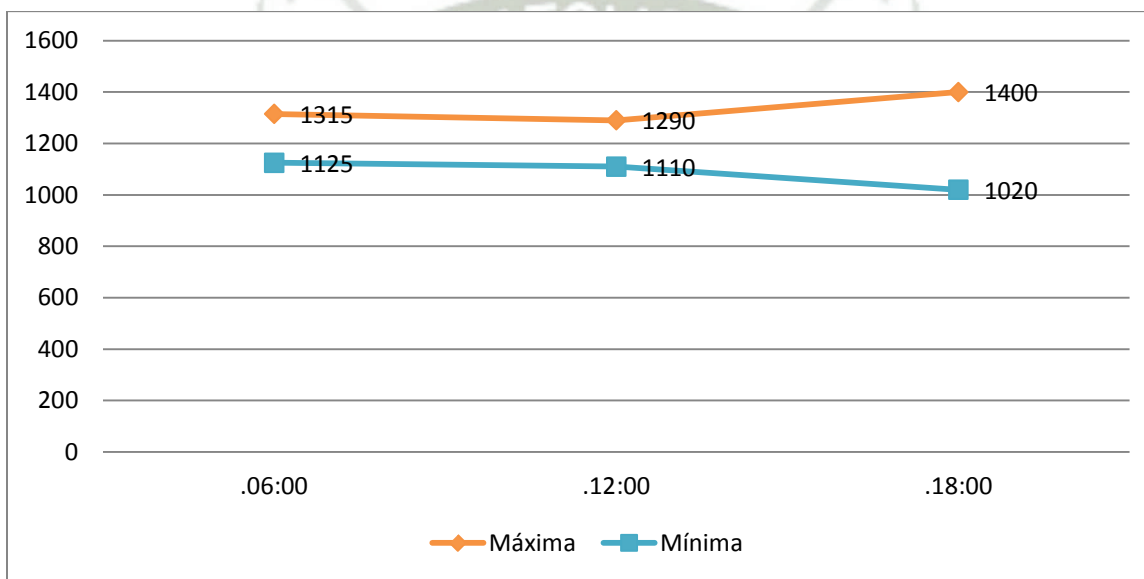


GRAFICO 05. Variación de la descarga (l/h) durante las evaluaciones

4.1.8. Resumen de las características del Sistema en Abrampampa

En el Cuadro 18 se muestra las características del Sistema de riego en Abrampampa, dando importancia al diámetro de las boquillas de los emisores, Presión nominal, Presión evaluada y la descarga del emisor nominal y evaluado. En el diseño se consideraron boquillas en los emisores de 3.6 x 2.4 mm, y en las evaluaciones realizadas, las boquillas también fueron de 3.6 x 2.4 mm.

La presión nominal (Ministerio de Agricultura, 2015), fue de 3.0 bar y en las evaluaciones de 2.47 bar. La descarga nominal de 1226 l/h (Ministerio de Agricultura, 2015), y en las evaluaciones de 1210 l/h.

CUADRO18. Resumen de las características del Sistema en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Abrampampa. Huambo.

Tipo de Riego	Laterales y Marco de riego	Emisores de Riego	Boquillas		Presión		Descarga Emisor	
			Según Diseño	Evaluado	Nominal	Evaluación Promedio	Nominal	Evaluada
Móvil de Aluminio	Aluminio 15 x 12 ϕ 50-28 mm	Impacto Polipropileno	3.6 x 2.4 mm	3.6 x 2.4 mm	3.0 bar	2.47 bar	1226 l/h	1210 l/h

Fuente: Elaboración propia (Ministerio de Agricultura, 2015)

4.1.8. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN

4.1.8.1. Aplicación de la fórmula del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el Sector de Abrampampa (Huambo), evaluación en el horario de 06.00 horas a 08.00 horas.

En el Cuadro 18 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 06.00 horas, obteniendo un resultado de 88.66 %.

CUADRO18. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el horario de 06.00 hora a 08.00 horas, en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Abrampampa. Huambo.

$$CU = 1 - \left(\frac{\sum |d|}{M * n} \right)$$

CU : Coeficiente de Uniformidad de Christiansen
∑|d| : Sumatoria de los valores absolutos de las desviaciones en los puntos de control, con respecto a la media de la lámina infiltrada.
M : Valor medio de la lámina infiltrada en los puntos de control.
n : Número de puntos de control

$$CU = 100 \left(1 - \frac{2 \times 4}{\text{Sumatoria (3)}} \right) \text{ (Sapir, 2005)}$$

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
34	1	34	17.52	17.52
38	1	38	13.52	13.52
40	1	40	11.52	11.52
42	2	84	9.52	19.03
44	8	352	7.52	60.13
46	14	644	5.52	77.23
48	13	624	3.52	45.71
50	14	700	1.52	21.23
52	4	208	0.48	1.93
54	4	216	2.48	9.93
56	5	280	4.48	22.42
58	5	290	6.48	32.42
60	7	420	8.48	59.38
62	6	372	10.48	62.90
64	5	320	12.48	62.42
66	1	66	14.48	14.48
	91	4688		531.78

CU = 88.66 %

Lectura promedio = 4688 / 91 = 51.52

$$CU = 100 \left(1 - \frac{531.78}{4688} \right)$$

CU = 88.66 %

4.1.8.2. Aplicación de la fórmula del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el Sector de Abrampampa (Huambo), evaluación en el horario de 12.00 horas a 14.00 horas.

En el Cuadro 19 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 12.00 horas, obteniendo un resultado de 61.92 %.

CUADRO 19. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el horario de 12.00 horas a 14.00 horas, en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Abrampampa. Huambo.

$$CU = 100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria (3)}) \text{ (Sapir, 2005)}$$

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
4	2	8	37.93	75.86
6	3	18	35.93	107.79
8	2	16	33.93	67.86
18	1	18	23.93	23.93
20	3	60	21.93	65.79
22	1	22	19.93	19.93
24	3	72	17.93	53.79
26	2	52	15.93	31.86
28	3	84	13.93	41.79
30	2	60	11.93	23.86
32	4	128	9.93	39.71
34	9	306	7.93	71.36
36	5	180	5.93	29.64
38	2	76	3.93	7.86
40	5	200	1.93	9.64
42	1	42	0.07	0.07
44	4	176	2.07	8.29
46	2	92	4.07	8.14
48	1	48	6.07	6.07
50	3	150	8.07	24.21
52	4	208	10.07	40.29
54	2	108	12.07	24.14
56	3	168	14.07	42.21
60	4	240	18.07	72.29
62	2	124	20.07	40.14
64	5	320	22.07	110.36
80	2	160	38.07	76.14
86	1	86	44.07	44.07
100	3	300	58.07	174.21
	84	3522		1341.29

CU =	61.92	%
------	-------	---

$$\text{Lectura promedio} = 3522 / 84 = 41.93$$

$$CU = 100 (1 - 1341.29 / 3522)$$

$$CU = 61.92 \%$$

4.1.8.3. Aplicación de la fórmula del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el Sector de Abrampampa (Huambo), evaluación en el horario de 18.00 horas a 20.00 horas.

En el Cuadro 20 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 18.00 horas, obteniendo un resultado de 66.46 %.

CUADRO 20. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el horario de 18.00 horas a 20.00 horas, en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Abrampampa. Huambo.

$$CU = 100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria (3)}) \text{ (Sapir, 2005)}$$

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	mx n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
16	3	48	35.90	107.71
18	1	18	33.90	33.90
20	2	40	31.90	63.81
22	1	22	29.90	29.90
24	2	48	27.90	55.81
28	1	28	23.90	23.90
30	2	60	21.90	43.81
32	2	64	19.90	39.81
34	5	170	17.90	89.52
36	4	144	15.90	63.62
38	1	38	13.90	13.90
40	2	80	11.90	23.81
42	4	168	9.90	39.62
44	5	220	7.90	39.52
46	5	230	5.90	29.52
48	7	336	3.90	27.33
50	3	150	1.90	5.71
52	2	104	0.10	0.19
54	4	216	2.10	8.38
56	1	56	4.10	4.10
58	1	58	6.10	6.10
60	3	180	8.10	24.29
62	4	248	10.10	40.38
64	2	128	12.10	24.19
66	1	66	14.10	14.10
68	1	68	16.10	16.10
70	2	140	18.10	36.19
80	3	240	28.10	84.29
84	2	168	32.10	64.19
86	1	86	34.10	34.10
88	1	88	36.10	36.10
94	1	94	42.10	42.10
100	2	200	48.10	96.19
108	1	108	56.10	56.10
114	1	114	62.10	62.10
134	1	134	82.10	82.10
	84	4360		1462.48

$$CU = 66.46 \%$$

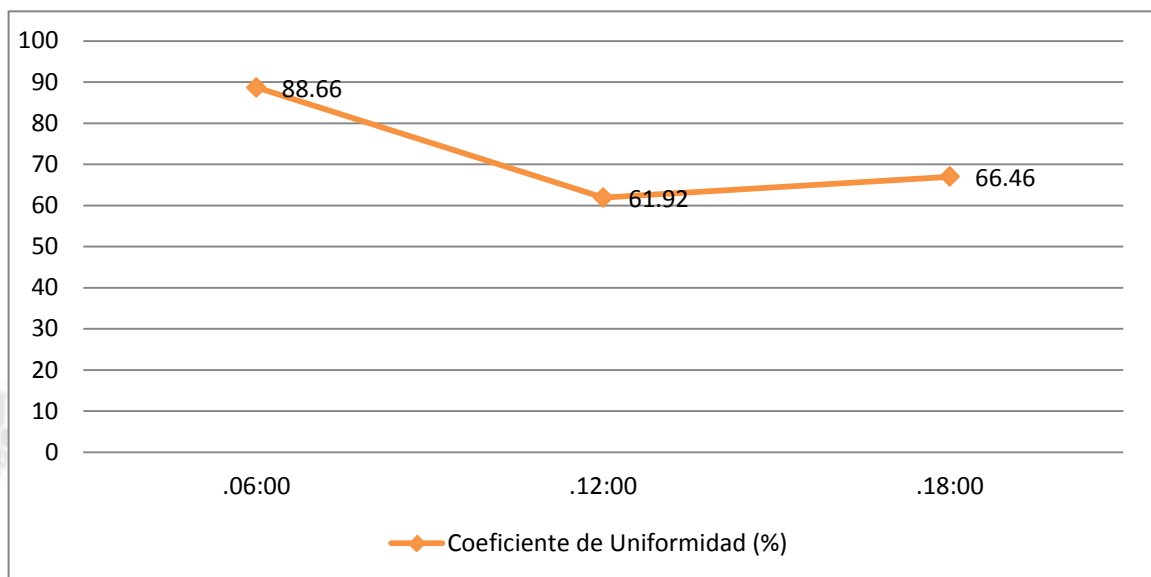
$$\text{Lectura promedio} = 4360 / 84 = 51.90$$

$$\text{CU} = 100 (1 - 1462.48 / 4360)$$

$$\text{CU} = 66.46 \%$$

En el Gráfico 06, se muestra la representación gráfica de las evaluaciones efectuadas a las 06.00, 12.00 y 18.00 horas.

GRAFICO 06.



4.2. EVALUACIONES EN EL SECTOR DE STAFF (Huambo).

4.2.1. PRESIÓN

En el Cuadro 21, se observa que en promedio la máxima presión se obtiene en las evaluaciones de la 06.00 horas con 3.10 bares (31 mca) y la más baja en el horario de las 12.00 horas con 2.70 bares (27 mca.). En promedio la presión a las 06.00 horas es de 3.00 bar (30 mca), a las 12.00 de 2.80 bar (28 mca) y a las 18.00 horas de 2.97 bar, (29.7 mca).

En el Gráfico 07, se muestra la representación gráfica.

CUADRO 21. Presión medida durante las evaluaciones (bar) en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Staff. Huambo.

Sector Staff	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Máxima	3.10	2.90	3.09	3.03
Mínima	2.90	2.70	2.85	2.82
Promedio	3.00	2.80	2.97	2.92

Fuente: Elaboración propia

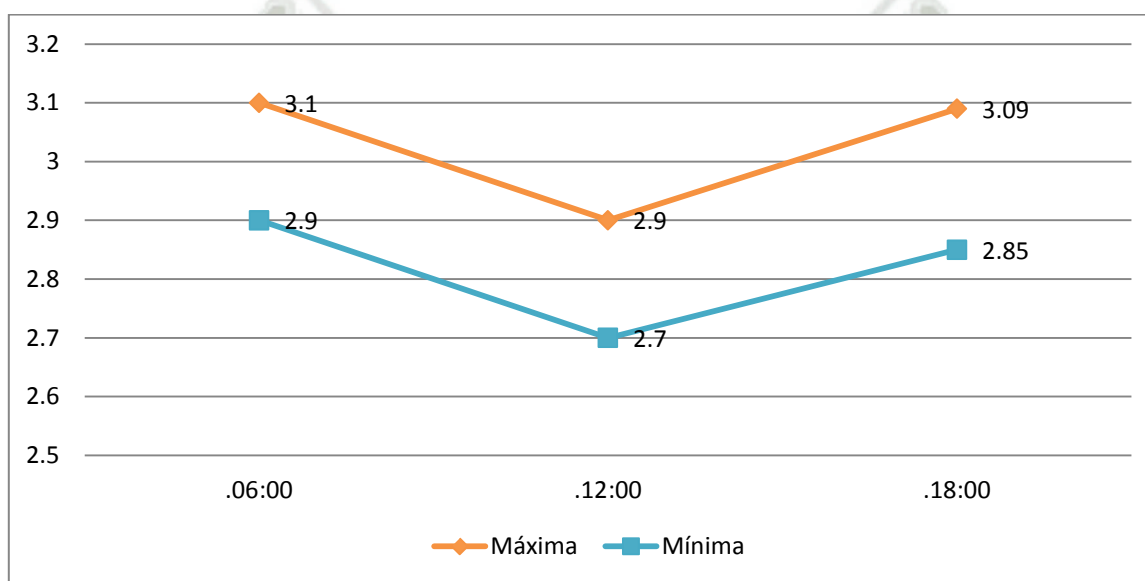


GRAFICO 07. Variación de la presión (bar) durante las evaluaciones

4.2.2. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

En el Cuadro 22 se indica que en promedio las velocidades de viento más altas se presentan en el horario de las 12.00 horas con 5.60 m/s y las más bajas en el horario de las 06.00 horas con 1.10 m/s. En promedio la velocidad a las 06.00 horas es de 1.15 m/s, a las 12.00 horas de 5.50 m/s y a las 18.00 horas de 0.25 m/s. La dirección del viento a las 06.00 horas es Este, a las 12.00 horas N y a las 18.00 horas Calmo. En el Gráfico 08 se muestra su representación gráfica.

CUADRO 22. Velocidad del viento (m/s) durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.

Sector Staff	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Velocidad viento m/s				
Máxima	E 1.20	N 5.60	C 0.50	2.43
Mínima	E 1.10	N 5.40	C 0.00	2.16
Promedio	1.15	5.50	0.25	

Fuente: Elaboración propia

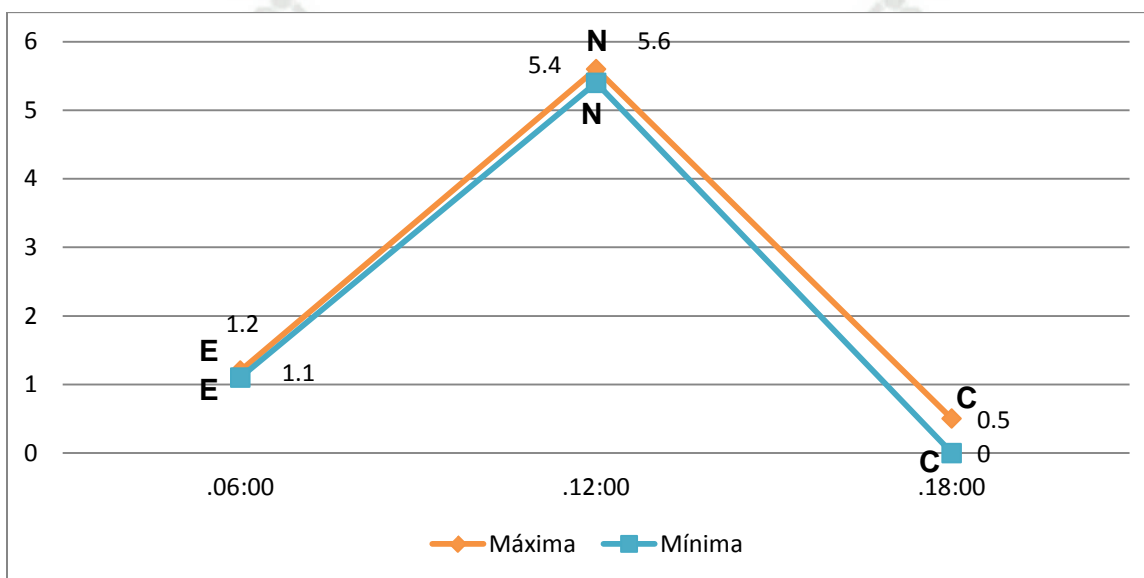


GRAFICO 08. Variación de la velocidad del viento (m/s) durante las evaluaciones

4.2.3. TEMPERATURA

En el Cuadro 23 se muestra que en promedio las temperaturas más altas se registran a las 12.00 horas con 19.7 °C y las más bajas a las 06.00 horas con 2.3 °C. En promedio la temperatura a las 06.00 horas es de 2.6 °C, a las 12.00 horas de 18.8 °C y a las 18.00 horas de 7.5 °C. La representación gráfica se presenta en el Gráfico 09.

CUADRO 23. Variación de la Temperatura (°C) durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.

Sector Staff Grados Celsius °C	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Máxima	2.9	19.7	10.2	10.9
Mínima	2.3	17.9	4.8	8.3
Promedio	2.6	18.8	7.5	

Fuente: Elaboración propia



GRAFICO 09. Variación de la Temperatura (°C) durante las evaluaciones

4.2.4. HUMEDAD RELATIVA

En el Cuadro 24 se muestra que los valores más altos con 52.0%, se registran a la 06.00 horas, mientras que la más baja con 48.5%, a las 12.00 horas.

En el Gráfico 10 se muestra la representación gráfica.

CUADRO 24. Variación de la Humedad Relativa (%) durante las evaluaciones (%) en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Staff Huambo.

Sector Staff	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
HR/Hora	06.00	12.00	18.00	Promedio
H.R. %	52.00	48.5	51.2	50.6
Promedio	52.00	48.5	51.2	

Fuente: Elaboración propia

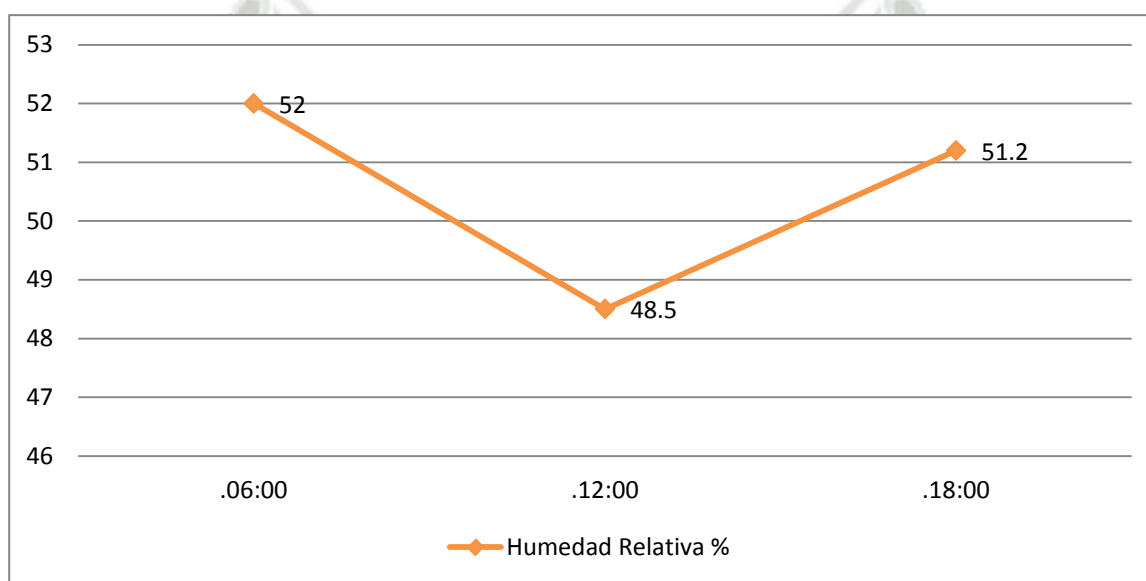


GRAFICO 10. Variación de la Humedad Relativa (%) durante las evaluaciones

4.2.5. ALTURA DE ELEVADORES

Elevadores de Aluminio de 70 cm de altura y $\frac{3}{4}$ " de diámetro.

4.2.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES

Aspersores VYR - 36, con boquillas 4.0 mm x 2.4 mm de diámetro (Anexo 06).

4.2.7. DESCARGA DE LOS ASPERSORES

En el Cuadro 25 se muestra que en promedio, las descargas más altas se presentan en el horario de las 06.00 horas con 1500 l/h y las más bajas a las 12.00 horas con 1300 l/h. En promedio a las 06.00 horas es de 1475 l/h. a las 12.00 horas de 1325 l/hora y a las 18.00 horas de 1415 l/h. La representación gráfica se muestra en el Gráfico 11.

CUADRO 25. Descarga medida durante las evaluaciones (l/h) en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.

Sector Staff	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Caudal l/h				
Máxima	1 500	1350	1430	1417
Mínima	1 450	1300	1400	1393
Promedio	1475	1325	1415	1405

Fuente: Elaboración propia

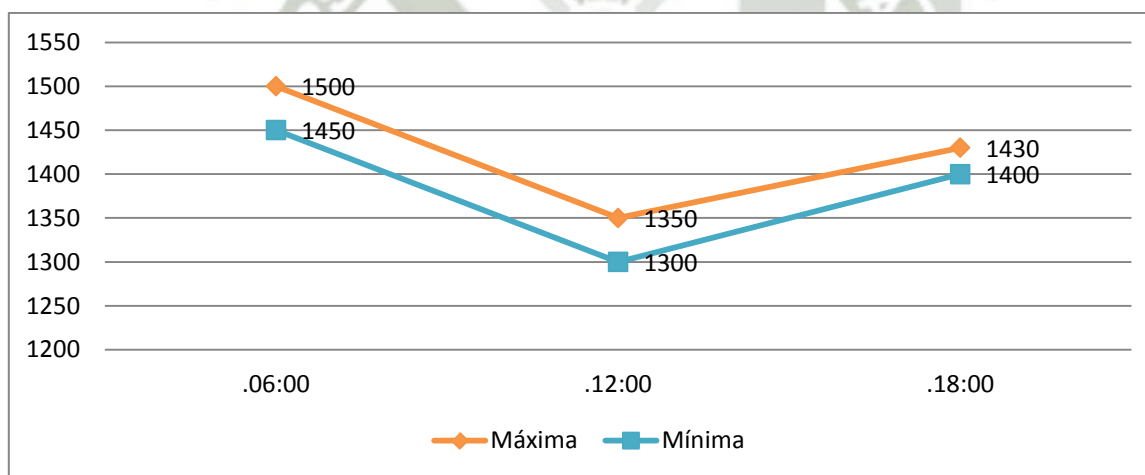


GRAFICO 11. Variación de la descarga (l/h) durante las evaluaciones

4.2.8. Resumen de las características del Sistema en Staff

En el Cuadro 26 se muestra las características del Sistema de riego en Staff, dando importancia al diámetro de las boquillas de los emisores, Presión nominal, Presión evaluada y la descarga del emisor nominal y evaluado. En el diseño se consideraron boquillas en los emisores de 4.0 mm, mientras que en las evaluaciones realizadas, las boquillas fueron de

4.4 x 2.4 mm. La presión nominal (Ministerio de Agricultura, 2015), fue de 3 bar y en las evaluaciones de 2.92 bar. La descarga nominal de 1425 l/h (Ministerio de Agricultura, 2015), y en las evaluaciones de 1405 l/h.

CUADRO 26. Resumen de las características del Sistema en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.

Tipo de Riego	Laterales y Marco de riego	Emisores de Riego	Boquillas		Presión		Descarga Emisor	
			Según Diseño	Evaluado	Nominal	Evaluación Promedio	Nominal	Evaluada
Movil de Aluminio	Aluminio 15 x 12 φ 50 mm	Impacto Polipropileno	4 mm	4.4 x 2.4 mm	3 bar	2.92 bar	1425 l/h	1405 l/h

Fuente: Elaboración propia (Ministerio de Agricultura, 2015)

4.2.8. APLICACIÓN DE LA FÓRMULA DE CHRISTIANSEN EN EL SECTOR STAFF (Huambo)

4.2.8.1. Aplicación de la fórmula del Coeficiente de Christiansen en el Sector de Staff (Huambo), evaluación en el horario de 06.00 horas a 08.00 horas.

En el Cuadro 26 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 06.00 horas, obteniendo un resultado de 94.76 %.

CUADRO 26. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el horario de 06.00 horas a 08.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.

$$CU = 100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria } (3)) \text{ (Sapir, 2005)}$$

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
50	4	200	7.38	29.54
52	6	312	5.38	32.31
54	14	756	3.38	47.38
56	20	1120	1.38	27.69
58	16	928	0.62	9.85
60	14	840	2.62	36.62
62	11	682	4.62	50.77
64	6	384	6.62	39.69
	91	5222		273.85

57.38

CU = 94.76 %

Lectura promedio = $5222 / 91 = 57.38$

CU = $100 (1 - 273.85 / 5222)$

CU = 94.76 %

4.2.8.2. Aplicación de la fórmula del Coeficiente de Christiansen en el Sector de Staff (Huambo), evaluación en el horario de 12.00 horas a 14.00 horas.

En el Cuadro 27 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 06.00 horas, obteniendo un resultado de 65.73 %.

CUADRO 27. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el horario de 12.00 horas a 14.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.

CU = $100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria (3)})$ (Sapir, 2005)

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
8	1	8	31.14	31.14
10	2	20	29.14	58.29
14	2	28	25.14	50.29
16	2	32	23.14	46.29
18	2	36	21.14	42.29
20	5	100	19.14	95.71
22	2	44	17.14	34.29
24	6	144	15.14	90.86
26	3	78	13.14	39.43
28	2	56	11.14	22.29
30	1	30	9.14	9.14
32	4	128	7.14	28.57
34	2	68	5.14	10.29
38	4	152	1.14	4.57
40	6	240	0.86	5.14
42	3	126	2.86	8.57
44	6	264	4.86	29.14
46	3	138	6.86	20.57
48	4	192	8.86	35.43
50	4	200	10.86	43.43
52	6	312	12.86	77.14
54	4	216	14.86	59.43
58	1	58	18.86	18.86
60	1	60	20.86	20.86
62	3	186	22.86	68.57
64	1	64	24.86	24.86
70	2	140	30.86	61.71
76	1	76	36.86	36.86
92	1	92	52.86	52.86
	84	3288		1126.86

CU = 65.73 %

Lectura promedio = $3288 / 84 = 39.14$

CU = $100 (1 - 1126.86 / 3288)$ **CU = 65.73 %**

4.2.8.3. Aplicación de la fórmula del Coeficiente de Christiansen en el Sector de Staff (Huambo), evaluación en el horario de 18.00 horas a 20.00 horas.

En el Cuadro 28 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 18.00 horas, obteniendo un resultado de 79.59 %.

CUADRO 28. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el horario de 18.00 horas a 20.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Staff. Huambo.

$$CU = 100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria (3)}) \text{ (Sapir, 2005)}$$

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
34	1	34	30.15	30.15
38	2	76	26.15	52.31
40	1	40	24.15	24.15
42	1	42	22.15	22.15
44	4	176	20.15	80.62
46	2	92	18.15	36.31
48	7	336	16.15	113.08
50	4	200	14.15	56.62
52	3	156	12.15	36.46
54	6	324	10.15	60.92
56	3	168	8.15	24.46
58	6	348	6.15	36.92
60	2	120	4.15	8.31
62	6	372	2.15	12.92
64	2	128	0.15	0.31
68	2	136	3.85	7.69
70	2	140	5.85	11.69
72	7	504	7.85	54.92
74	5	370	9.85	49.23
76	3	228	11.85	35.54
78	2	156	13.85	27.69
80	5	400	15.85	79.23
82	2	164	17.85	35.69
84	5	420	19.85	99.23
86	4	344	21.85	87.38
88	1	88	23.85	23.85
90	1	90	25.85	25.85
92	1	92	27.85	27.85
94	1	94	29.85	29.85
	91	5838		1191.38

$$CU = 79.59 \%$$

$$\text{Lectura promedio} = 5838 / 91 = 64.15$$

$$CU = 100 (1 - 1191.38 / 57.30)$$

$$CU = 79.59 \%$$

En el Gráfico 12 se muestra la representación gráfica de las evaluaciones realizadas a las 06.00 horas, 12.00 horas y 18.00 horas.

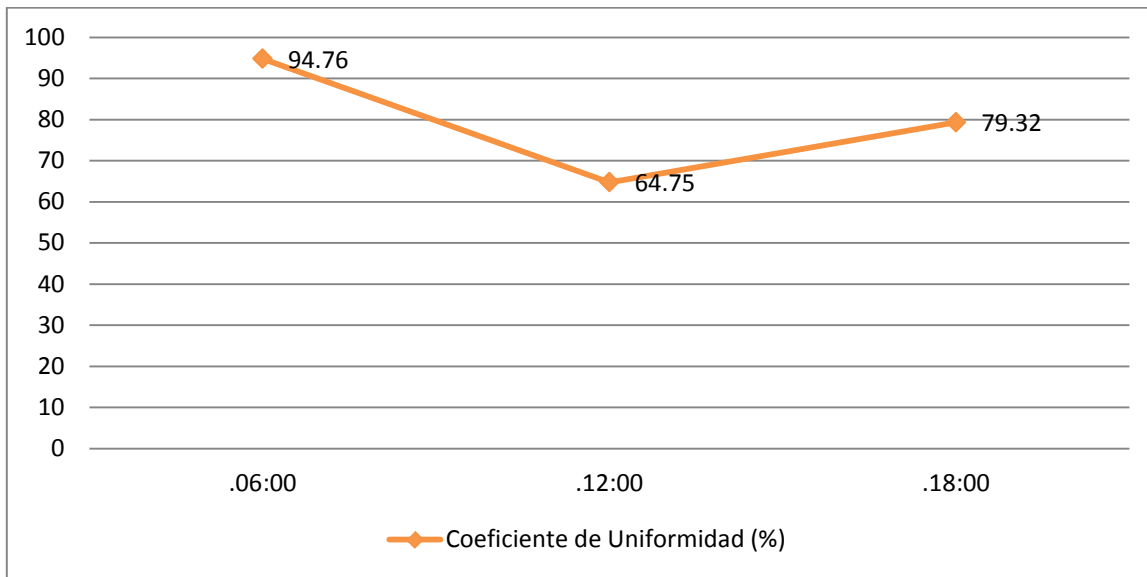
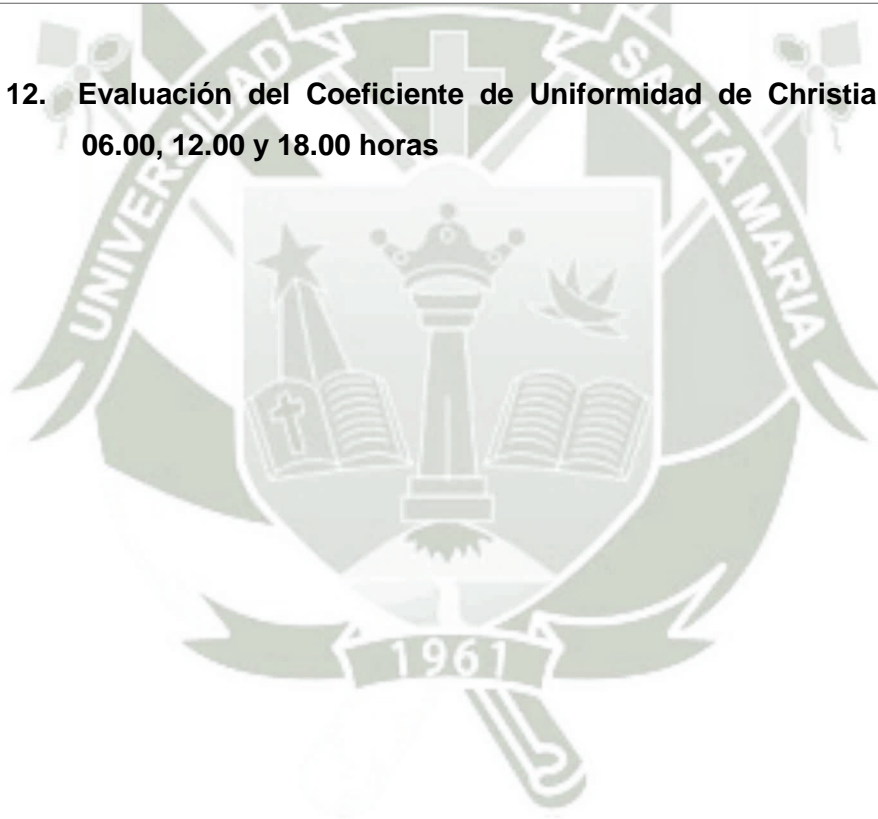


GRAFICO 12. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen a las 06.00, 12.00 y 18.00 horas



4.3. EVALUACIONES EN EL SECTOR LA PONDEROSA (Huambo).

4.3.1. PRESIÓN

En el Cuadro 29 se observa que en promedio la máxima presión se obtiene en las evaluaciones de las 06.00 horas con 16.6 mca (1.66 bares) y la más baja en el horario de las 12.00 horas con 14.5 mca (1.45 bares). En promedio, a las 06.00horas es 15.9 mca (1.59 bares), a las 12.00 de 14.8 mca (1.48 bares) y a las 18.00 horas de 15 mca (1.5 bares). En el Gráfico 13, se muestra la representación gráfica.

CUADRO 29. Presión medida durante las evaluaciones (bar) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de La Ponderosa. Huambo.

Sector La Ponderosa	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Máxima	1.66	1.51	1.52	1.56
Mínima	1.53	1.45	1.49	1.49
Promedio	1.59	1.48	1.50	1.52

FUENTE: Elaboración propia

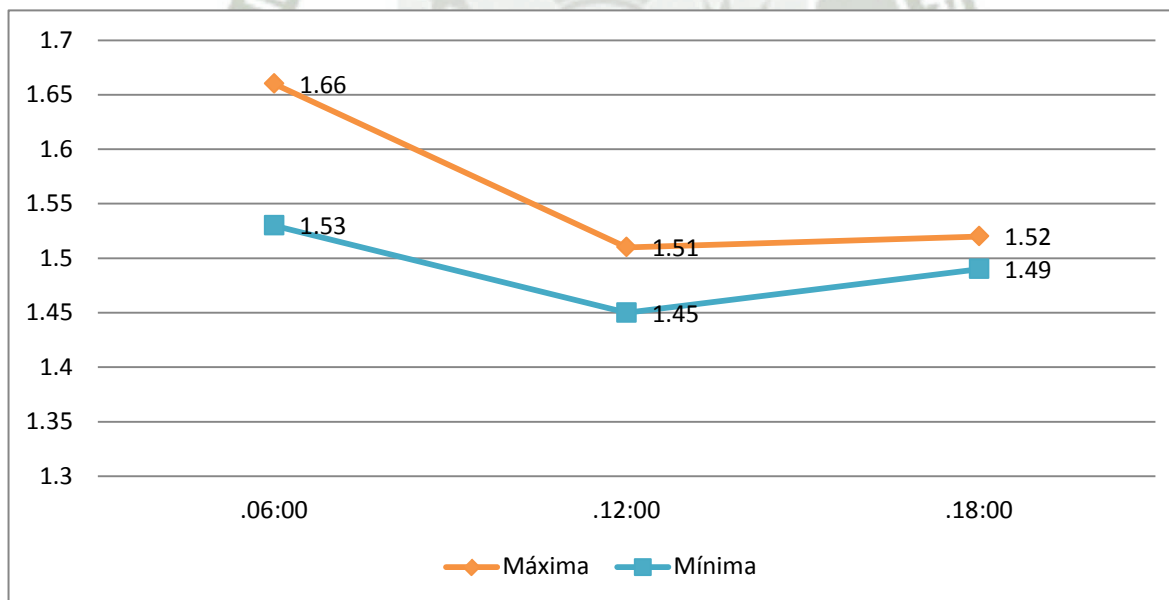


GRAFICO 13. Variación de la presión (bar) durante las evaluaciones.

4.3.2. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

En el Cuadro 30 se indica que en promedio las velocidades más altas se presentan en el horario de las 12.00 horas con 5.91 m/s y las más bajas en el horario de las 06.00 horas con 1.06 m/s. En promedio, a las 06.00 horas es de 1.15 m/s, las 12.00 horas de 5.87 m/s y 18.00 horas de 0.52 m/s. La dirección del viento a las 06.00 horas es de E, a las 12.00 horas es N y a las 18.00 horas es Calmo En el Gráfico 14 se muestra su representación gráfica.

CUADRO 30. Velocidad y Dirección del viento (m/s) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de La Ponderosa. Huambo.

Sector La Ponderosa	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Velocidad del viento m/s				
Máxima	E 1.24	N 5.91	C 1.04	2.73
Mínima	E 1.06	N 5.82	C 0.00	2.29
Promedio	1.15	5.87	0.52	

Fuente: Elaboración propia

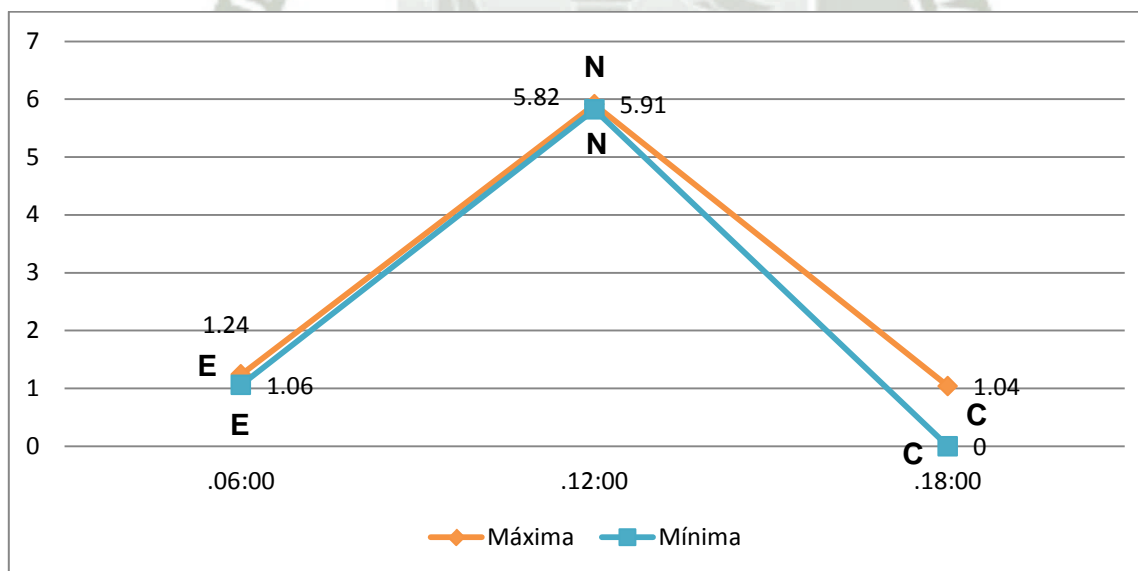


GRAFICO 14. Variación de la velocidad del viento (m/s) durante la evaluación

4.3.3. TEMPERATURA

En el Cuadro 31 se muestra que en promedio las temperaturas más altas se registran a las 12.00 horas con 20.3 °C y las más bajas a las 06.00 horas con 3.7°C. En promedio a las 06.00 horas es de 4.1 °C. , a las 12.00 horas de 17.5 °C. y a las 18.00 horas de 7.3 °C. La representación gráfica se presenta en el Gráfico 15.

CUADRO 31. Temperatura (°C) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de La Ponderosa. Huambo.

Sector La Ponderosa	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Máxima	4.4	20.3	7.8	10.8
Mínima	3.7	14.6	6.8	8.10
Promedio	4.1	17.5	7.3	

Fuente: Elaboración propia

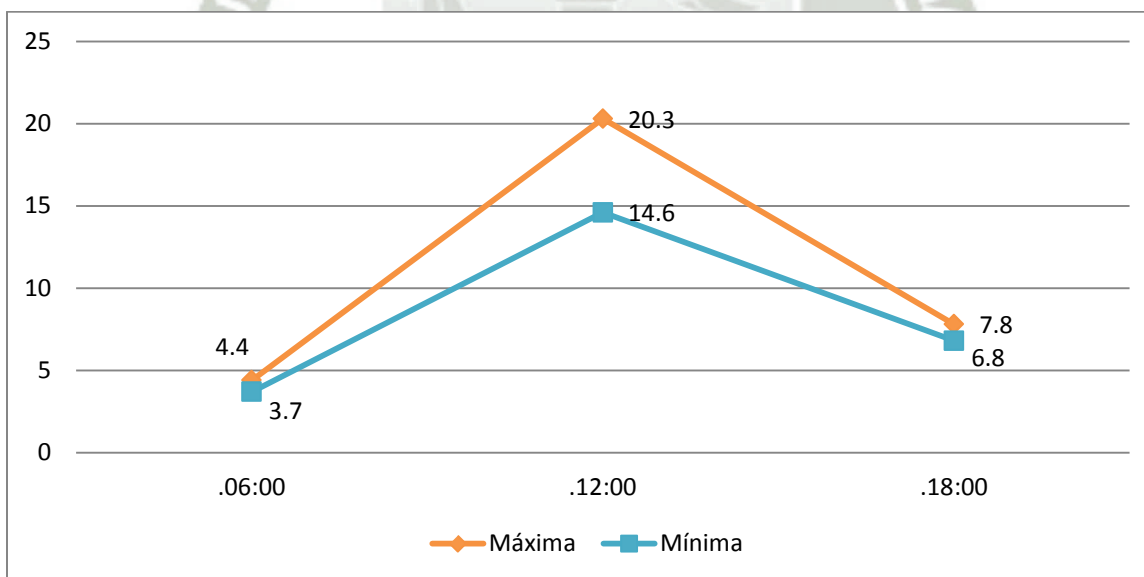


GRAFICO 15. Variación de la Temperatura (°C) durante las evaluaciones

4.3.4. HUMEDAD RELATIVA

En el Cuadro 32 se muestra que los valores más altos con 51.2%, se registran a la 06.00 horas, mientras que la más baja con 49.4 %, a las 12.00 horas.

En el Gráfico 16 se muestra la representación gráfica.

CUADRO 32. Variación de la Humedad Relativa (%) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de La Ponderosa. Huambo.

Sector La Ponderosa	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
H.R. %	51.2	49.4	50.3	50.3
Promedio	51.2	49.4	50.3	

Fuente: Elaboración propia

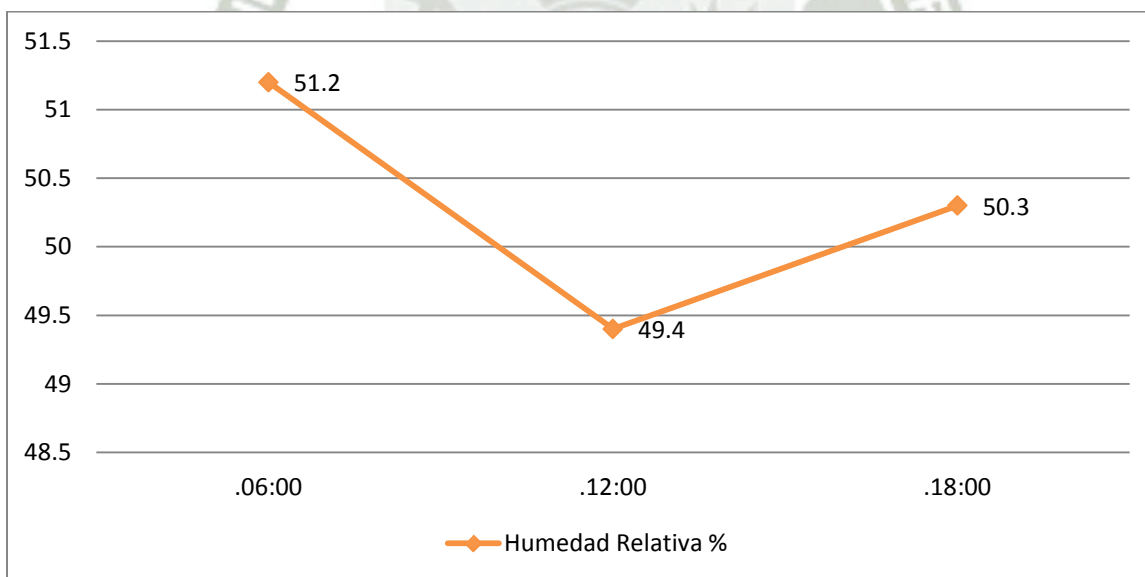


GRAFICO 16. Variación de la Humedad Relativa (%) durante las evaluaciones

4.3.5. ALTURA DE ELEVADORES

Los elevadores serán de material de polietileno (manguera) o similar con protección UV. Para el soporte de los aspersores se tiene una varilla metálica lo suficientemente estable de 1.0 m.

4.3.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES

Aspersores NAANDANJAIN 5022 SD-U, con dos boquillas de 2.8 x 1.8 mm de diámetro (Anexo 07). En el Proyecto se consideró emisores con boquillas 2.8 x 1.8 mm y una descarga de 510 l/h a una presión de 1.5 bar.

4.3.7. DESCARGA DE LOS ASPERSORES

En el Cuadro 33 se muestra que en promedio, las descargas más altas se presentan en el horario de las 06.00 horas con 550 l/h y las más bajas a las 12.00 horas con 515 l/h. En promedio, las descargas a las 06.00 horas es de 543 l/hora, a las 12.00 horas de 518 l/hora y a las 18.00 horas de 535 l/hora. En el Gráfico 17 se muestra su representación gráfica.

CUADRO 33. Descarga medida durante las evaluaciones (l/h) en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de La Ponderosa. Huambo.

Sector La Ponderosa	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Caudal l/h				
Máxima	550	520	540	537
Mínima	535	515	530	525
Promedio	543	518	535	532

Fuente: Elaboración propia

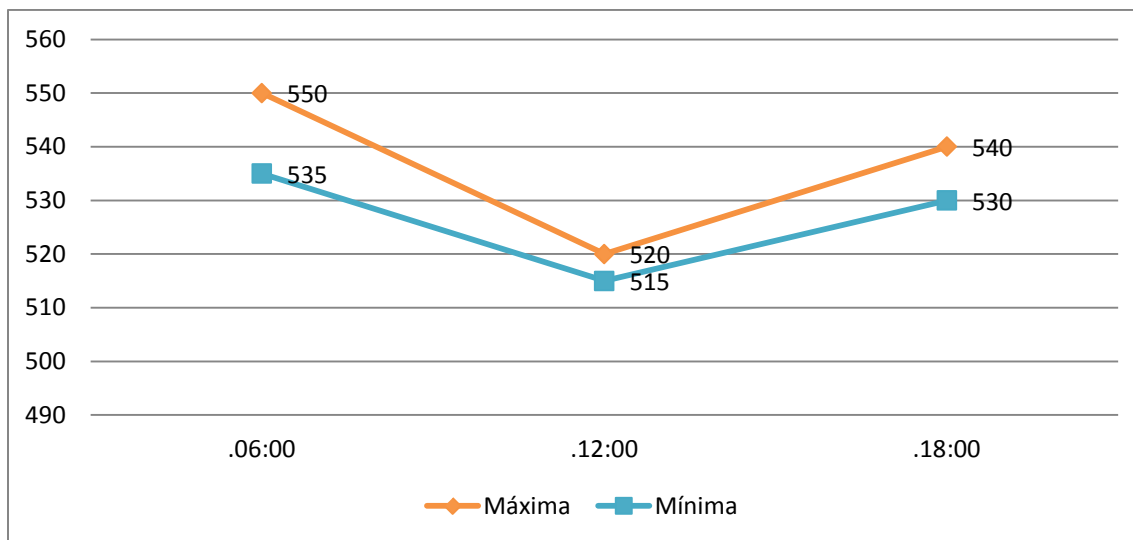


GRAFICO 17. Variación de la descarga (l/h) durante las evaluaciones

4.3.8. Resumen de las características del Sistema en La Ponderosa

En el Cuadro 37 se muestra las características del Sistema de riego en La Ponderosa, dando importancia al diámetro de las boquillas de los emisores, Presión nominal, Presión evaluada y la descarga del emisor nominal y evaluado. En el diseño se consideraron boquillas en los emisores de 2.8 x 1.8 mm, mientras que en las evaluaciones realizadas, las boquillas también fueron 2.8 x 1.8 mm. La presión nominal (Ministerio de Agricultura, 2015), fue de 1.5 bar y en las evaluaciones de 1.52 bar. La descarga nominal de 510 l/h (Ministerio de Agricultura, 2013) y en las evaluaciones de 532 l/h.

CUADRO 37. Resumen de las características del Sistema en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de La Ponderosa. Huambo.

Tipo de Riego	Laterales y Marco de riego	Emisores de Riego	Boquillas		Presión		Descarga Emisor	
			Según Diseño	Evaluado	Nominal	Evaluación Promedio	Nominal	Evaluada
Fijo	Manguera P.E. 50 mm/32 mm/ 25mm 12 x 12	Impacto Polipropileno	2.8 x 1.8 mm	2.8 x 1.8 mm	1.5 bar	1.52 bar	510 l/h	532 l/h

Fuente: Elaboración propia (Ministerio de Agricultura, 2013)

4.3.8. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN

4.3.8.1. Aplicación de la fórmula del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el sector de La Ponderosa (Huambo). Evaluación: 06.00 horas – 08.00 horas

En el Cuadro 34 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 06.00 horas, obteniendo un resultado de 62.61 %.

CUADRO 34. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en La Ponderosa en el horario de 06.00 horas a 08.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de La Ponderosa. Huambo.

$$CU = 100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria (3)}) \text{ (Sapir, 2005)}$$

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
6	3	18	34.66	103.98
8	2	16	32.66	65.32
10	3	30	30.66	91.98
12	2	24	28.66	57.32
14	1	14	26.66	26.66
16	3	48	24.66	73.98
18	1	18	22.66	22.66
20	3	60	20.66	61.98
22	3	66	18.66	55.98
24	1	24	16.66	16.66
26	1	26	14.66	14.66
28	1	28	12.66	12.66
30	2	60	10.66	21.32
32	1	32	8.66	8.66
34	3	102	6.66	19.98
36	1	36	4.66	4.66
38	5	190	2.66	13.30
40	6	240	0.66	3.96
42	7	294	1.34	9.38
44	2	88	3.34	6.68
46	3	138	5.34	16.02
48	5	240	7.34	36.70
50	4	200	9.34	37.36
52	5	260	11.34	56.70
54	5	270	13.34	66.70
58	2	116	17.34	34.68
60	1	60	19.34	19.34
62	4	248	21.34	85.36
64	3	192	23.34	70.02
66	3	198	25.34	76.02
68	1	68	27.34	27.34
70	1	70	29.34	29.34
72	2	144	31.34	62.68
82	1	82	41.34	41.34
91		3700		1383.38

$$CU = 62.61 \%$$

$$\text{Lectura promedio} = 3700 / 91 = 40.66$$

$$\text{CU} = 100 (1 - 1383.38 / 3700)$$

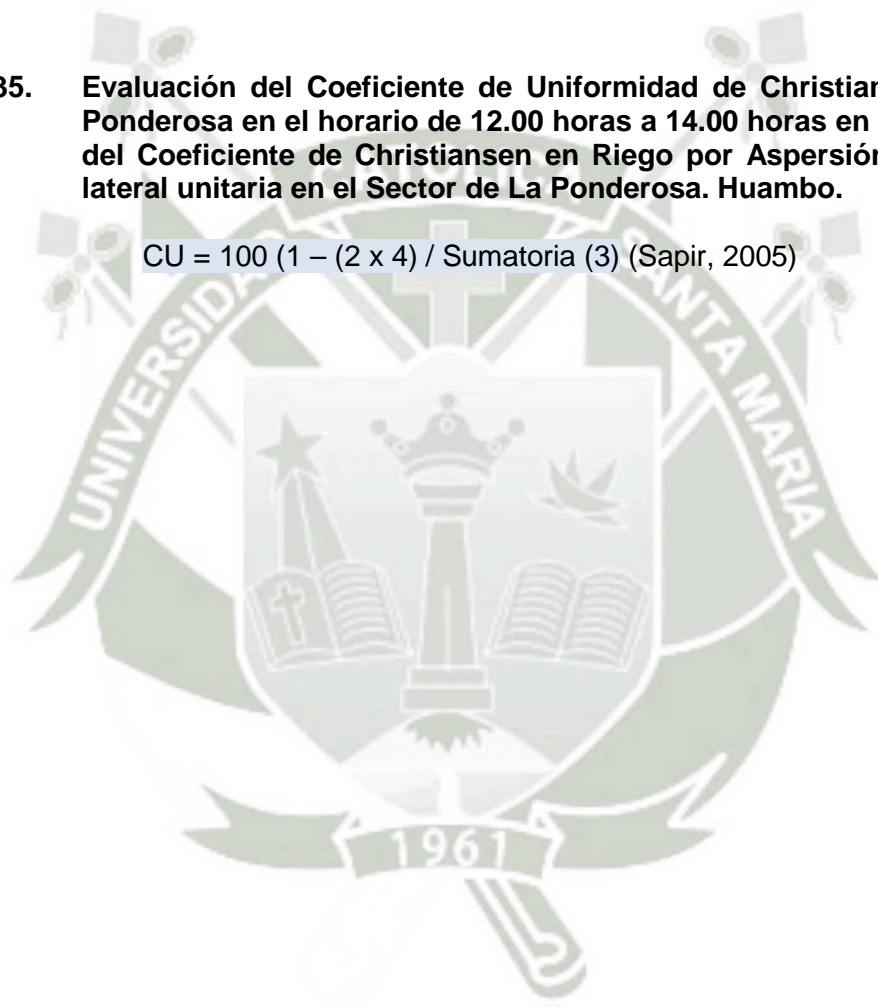
$$\text{CU} = 62.61 \%$$

4.3.8.2. Aplicación de la fórmula del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el sector de la Ponderosa (Huambo). Evaluación 12.00 horas – 14.00 horas.

En el Cuadro 35 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 12.00 horas, obteniendo un resultado de 56.66 %.

CUADRO 35. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en La Ponderosa en el horario de 12.00 horas a 14.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de La Ponderosa. Huambo.

$$\text{CU} = 100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria (3)}) \text{ (Sapir, 2005)}$$



1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
2	1	2	27.26	27.26
4	3	12	25.26	75.79
6	3	18	23.26	69.79
8	2	16	21.26	42.53
10	1	10	19.26	19.26
12	2	24	17.26	34.53
14	1	14	15.26	15.26
16	3	48	13.26	39.79
18	3	54	11.26	33.79
20	5	100	9.26	46.32
22	1	22	7.26	7.26
24	2	48	5.26	10.53
26	2	52	3.26	6.53
28	2	56	1.26	2.53
30	5	150	0.74	3.68
32	3	96	2.74	8.21
36	6	216	6.74	40.41
38	2	76	8.74	17.47
40	5	200	10.74	53.68
42	2	84	12.74	25.47
44	5	220	14.74	73.68
46	3	138	16.74	50.21
50	3	150	20.74	62.21
52	1	52	22.74	22.74
58	1	58	28.74	28.74
74	1	74	44.74	44.74
	68	1990		862.41

29.26

$$CU = 56.66 \%$$

$$\text{Lectura promedio} = 1990 / 68 = 28.53$$

$$CU = 100 (1 - 862.41 / 1940)$$

$$CU = 56.66 \%$$

4.3.8.3. Aplicación de la fórmula del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el sector de La Ponderosa (Huambo). Evaluación 18.00 horas – 20.00 horas

En el Cuadro 36 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 18.00 horas, obteniendo un resultado de 64.86 %.

CUADRO 36. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el horario de 18.00 horas a 20.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de La Ponderosa. Huambo.

$$CU = 100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria (3)}) \text{ (Sapir, 2005)}$$

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
8	2	16	21.08	42.16
10	1	10	19.08	19.08
12	2	24	17.08	34.16
14	9	126	15.08	135.74
16	2	32	13.08	26.16
18	6	108	11.08	66.49
20	7	140	9.08	63.58
22	2	44	7.08	14.16
24	3	72	5.08	15.25
26	5	130	3.08	15.41
28	2	56	1.08	2.16
30	7	210	0.92	6.42
32	4	128	2.92	11.67
34	2	68	4.92	9.84
36	2	72	6.92	13.84
38	9	342	8.92	80.26
40	12	480	10.92	131.01
42	1	42	12.92	12.92
46	1	46	16.92	16.92
48	1	48	18.92	18.92
50	1	50	20.92	20.92
54	1	54	24.92	24.92
58	3	174	28.92	86.75
	85	2472		868.75

29.08

CU = 64.86 %

Lectura promedio = $2472 / 85 = 29.08$

CU = $100 (1 - 868.75 / 2472)$

CU = 64.86 %

En el Gráfico 18 se muestra la representación gráfica del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen a las 06.00 horas, 12.00 horas y 18.00 horas.

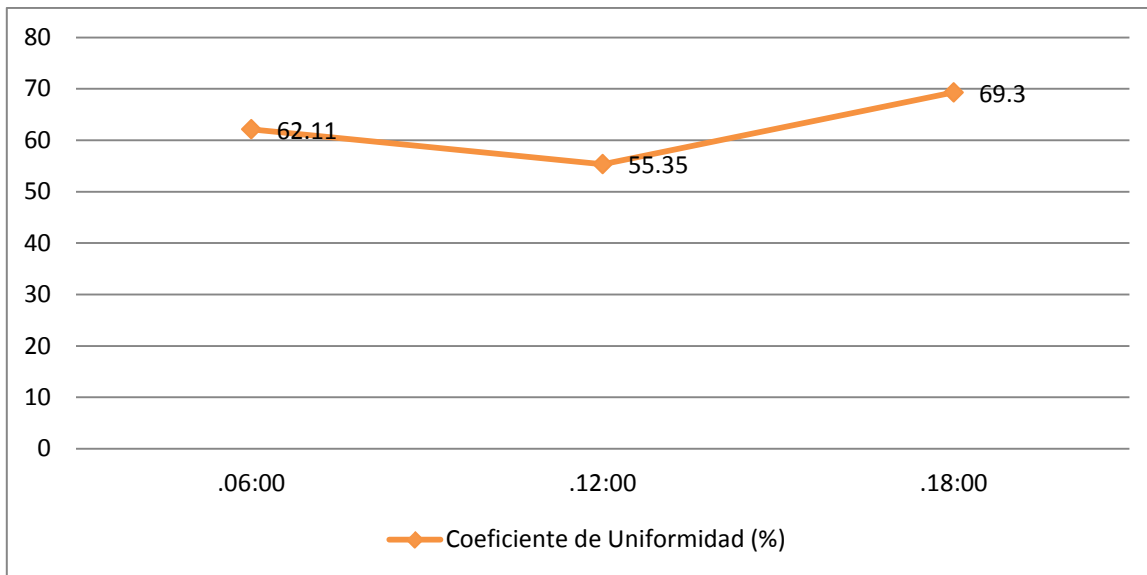
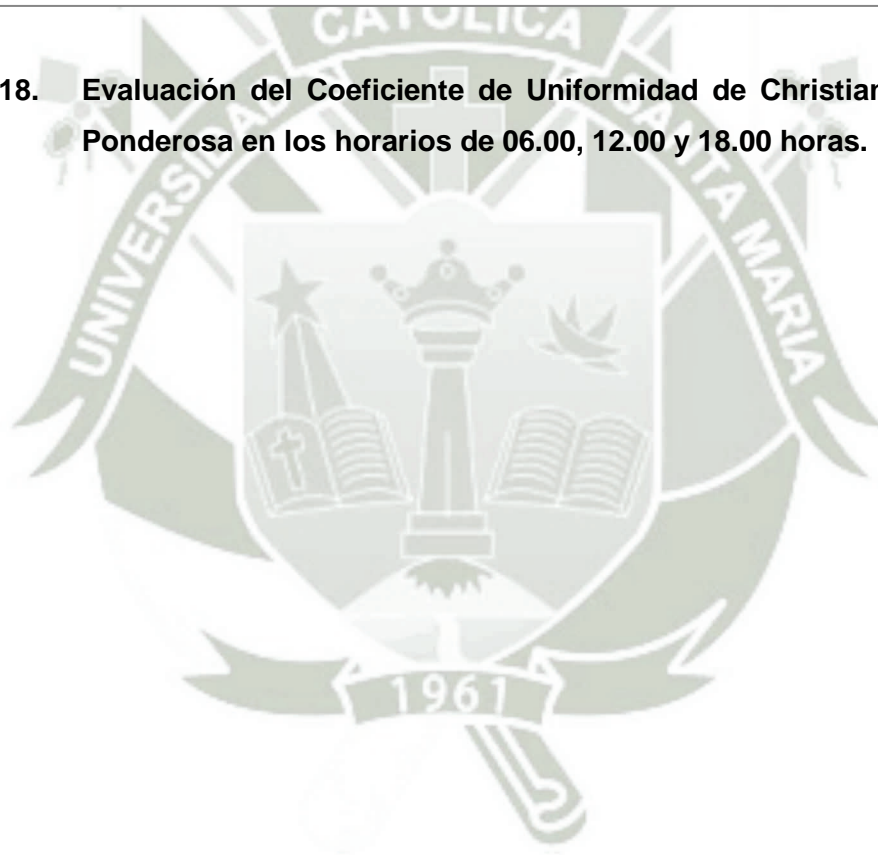


GRAFICO 18. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en La Ponderosa en los horarios de 06.00, 12.00 y 18.00 horas.



4.4. EVALUACIONES EN EL SECTOR CHIPICPITA (Huambo).

4.4.1. PRESIÓN

En el Cuadro 37 se observa que en promedio la máxima presión se obtiene en las evaluaciones de la 06.00 horas con 3.16 bar y la más baja en el horario de las 12.00 horas con 2.88 bar. En promedio a las 06.00 horas, 12.00 horas y 18.00 horas presiones de 3.14, 2.90 y 3.09 bar, respectivamente. En el Gráfico 19, se muestra la representación gráfica.

CUADRO 37. Presión (bar) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.

Sector Chipicpita	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Máxima	3.16	2.92	3.10	3.06
Mínima	3.12	2.88	3.08	3.03
Promedio	3.14	2.90	3.09	3.04

FUENTE: Elaboración propia

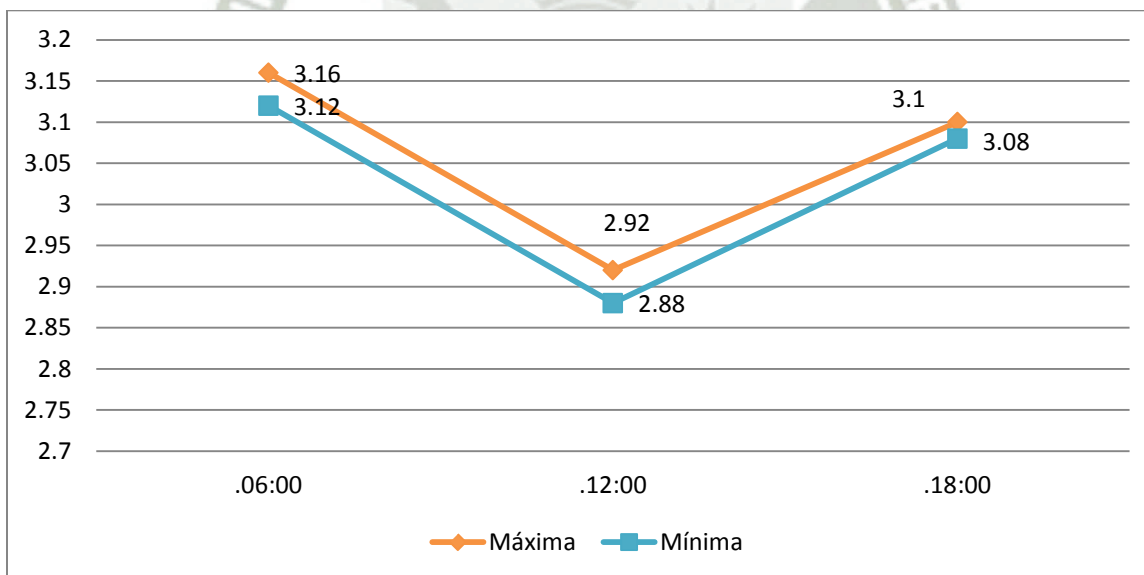


GRAFICO 19. Variación de la presión (bar) durante las evaluaciones

4.4.2. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

En el Cuadro 38 se indica que en promedio las velocidades más altas se presentan en el horario de las 12.00 horas con 5.50 m/s y las más bajas en el horario de las 18.00Calmo. En promedio se tiene 2.70 m/s a las 06.00 horas, 5.23 m/s a las 12.00 horas y 0.30 m/s a las 18.00 horas. La dirección del viento a las 06.00 horas es SE, a las 12.00 horas NW y a las 18.00 horas Calmo. En el Gráfico 20 se muestra su representación gráfica.

CUADRO 38. Velocidad y Dirección del viento (m/s) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.

Sector Chipicpita	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Máxima	SE 2.71	NW 5.50	C 0.60	2.94
Mínima	SE 2.68	NW 4.95	C 0.00	2.54
Promedio	2.70	5.23	0.30	

Fuente: Elaboración propia

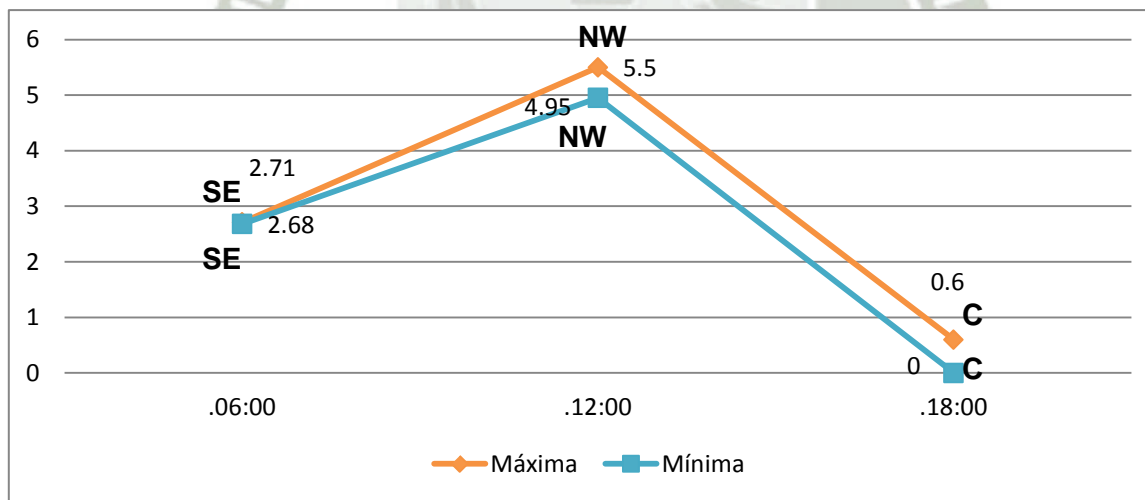


GRAFICO 20. Variación de la velocidad del viento (m/s) durante la evaluación

4.4.3. TEMPERATURA

En el Cuadro 39 se muestra que en promedio las temperaturas más altas se registran a las 12.00 horas con 18.2 °C y las más bajas a las 06.00 horas con 2.6 °C. En promedio la temperatura a las 06.00 horas es de 3.7°C, 12.00 horas de 17.8°C y 18.00 horas de 6.0 °C. La representación gráfica se presenta en el Gráfico 21.

CUADRO 39. Temperatura (°C) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.

Sector Chipicpita	Hora de Evaluación			Promedio
Grados Celsius °C	06.00	12.00	18.00	
Máxima	4.8	18.2	6.2	9.7
Mínima	2.6	17.4	5.8	8.6
Promedio	3.7	17.8	6.0	

Fuente: Elaboración propia

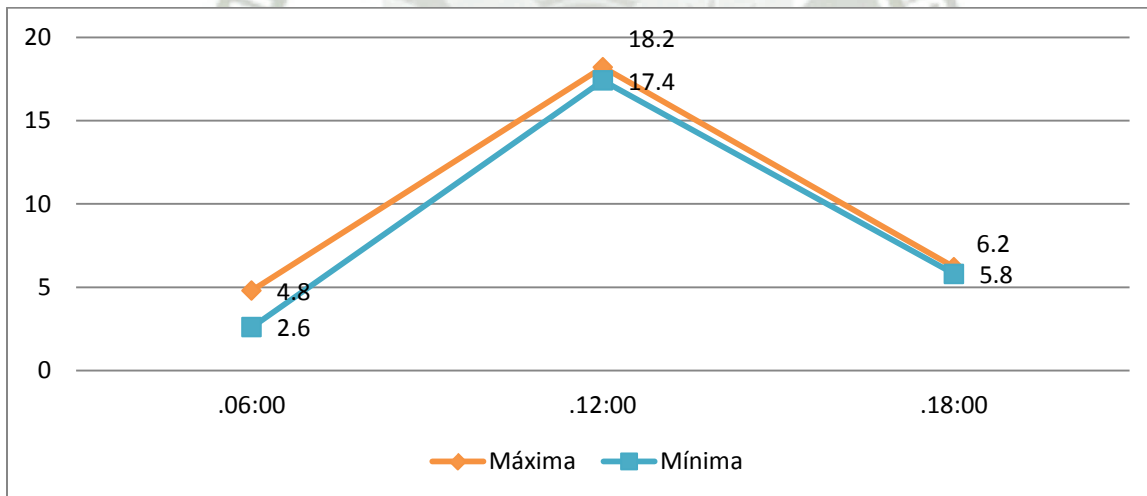


GRAFICO 21. Variación de la Temperatura (°C) durante las evaluaciones

4.4.4. HUMEDAD RELATIVA

En el Cuadro 40 se muestra que los valores más altos con 46.2 %, se registran a la 06.00 horas, mientras que la más baja con 42.0, se presenta 12.00 horas.

En el Gráfico 22 se muestra la representación gráfica.

CUADRO 40. Variación de la Humedad Relativa (%) medida durante las evaluaciones en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.

Sector Chipicpita	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
H.R. %	46.2	42.0	46.0	44.7
Promedio	46.2	42.0	46.0	

Fuente: Elaboración propia

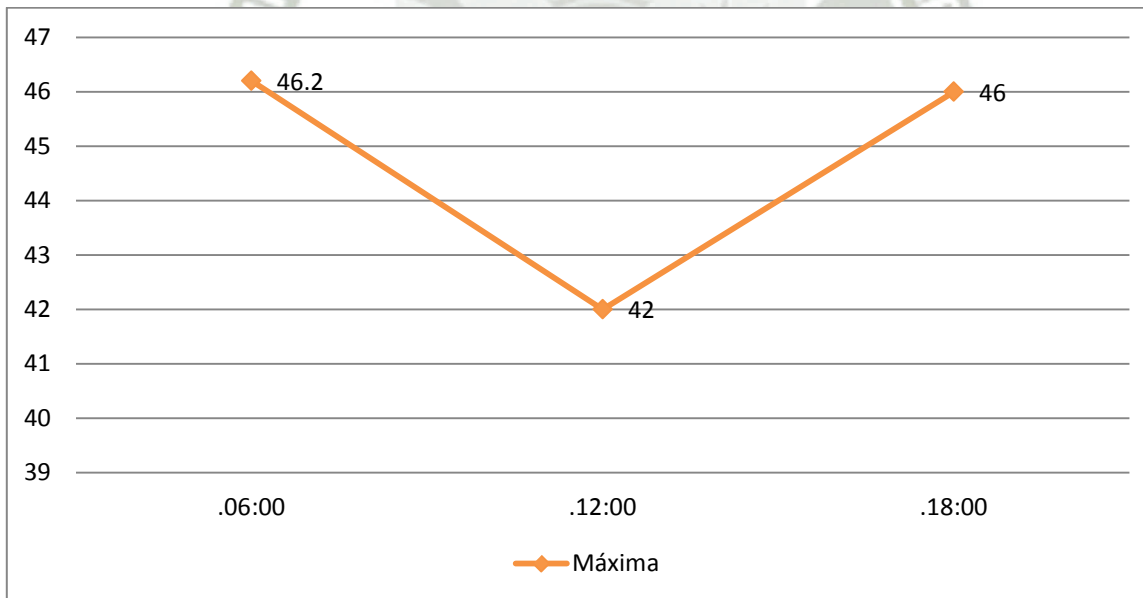


GRAFICO 22. Variación de la Humedad Relativa (%) durante las evaluaciones

4.4.5. ALTURA DE ELEVADORES

Elevadores PVC de 70 cm de altura y $\frac{3}{4}$ " de diámetro. Los elevadores son estabilizados por un soporte de metal con accesorios de sujeción.

4.4.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES

Aspersores RC 235/2 $\frac{3}{4}$ " sectorial, de dos boquillas de 4 x 2.4 mm de diámetro (Anexo 08). En el Proyecto se consideró el modelo de aspersor VYR -36, emisores con boquillas 3.57 mm y una descarga de 870 l/h a una presión de 3.16 bar.

4.4.7. DESCARGA DE LOS ASPERSORES

En el Cuadro 41 se muestra que en promedio, las descargas más altas se presentan en el horario de las 06.00 horas con 870 l/h y las más bajas a las 12.00 horas con 857l/h. En promedio a las 06.00 horas es de 866 l/h, a las 12.00 horas de 858 l/hora y a las 18.00 horas de 863 l/hora. La representación gráfica se muestra en el Gráfico 23

CUADRO 41. Descarga medida durante las evaluaciones (l/h) en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Chipicpita. Huambo.

Sector Chipicpita	Hora de Evaluación			Promedio
	06.00	12.00	18.00	
Caudal l/h				
Máxima	870	859	864	864
Mínima	862	857	861	860
Promedio	866	858	863	862

FUENTE: Elaboración propia

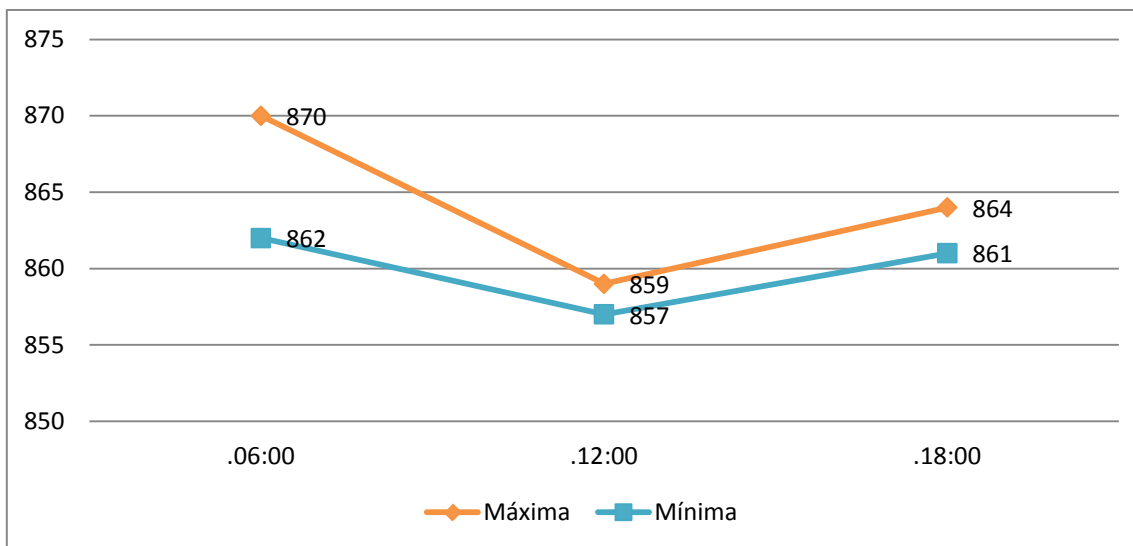


GRAFICO 23. Variación de la descarga (l/h) durante las evaluaciones

4.4.8. Resumen de las características del Sistema en Chipicpita

En el Cuadro 46 se muestra las características del Sistema de riego en Chipicpita, dando importancia al diámetro de las boquillas de los emisores, Presión nominal, Presión evaluada y la descarga del emisor nominal y evaluado. En el diseño se consideraron boquillas en los emisores de 3.57 mm, (modelo de aspersor VYR 36), mientras que en las evaluaciones realizadas, las boquillas fueron de 4.0 x 2.4 mm. La presión nominal (Ministerio de Agricultura, 2015), fue de 3.16 bar y en las evaluaciones de 3.04 bar. La descarga nominal de 870 l/h (Ministerio de Agricultura, 2013) y en las evaluaciones de 862 l/h.

CUADRO 46. Resumen de las características del Sistema en Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector de Chipicpita. Huambo.

Tipo de Riego	Laterales y Marco de riego	Emisores de Riego	Boquillas		Presión		Descarga Emisor	
			Según Diseño	Evaluado	Nominal	Evaluación Promedio	Nominal	Evaluada
Semi-Fijo	Manguera P.E ϕ 40 mm	Impacto Polipropileno	3.57 mm	4.0 x 2.4 mm	3.16 bar	3.04 bar	870 l/h	862 l/h
	12 x 15							

Fuente: Elaboración propia (Ministerio de Agricultura, 2013)

4.4.8. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN

4.4.8.1. Aplicación de la Fórmula del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el Sector Chipicpita (Huambo). Evaluación: 06.00 Horas – 08.00 Horas

En el Cuadro 42 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 06.00 horas, obteniendo un resultado del 47.79 %.



CUADRO 42. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Chipicpita en el horario de 06.00 horas a 08.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.

$$CU = 100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria (3)}) \text{ (Sapir, 2005)}$$

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
10	1	10	38.18	38.18
14	3	42	34.18	102.53
16	7	112	32.18	225.23
18	1	18	30.18	30.18
20	3	60	28.18	84.53
22	3	66	26.18	78.53
24	3	72	24.18	72.53
26	6	156	22.18	133.05
28	1	28	20.18	20.18
30	7	210	18.18	127.23
32	7	224	16.18	113.23
34	3	102	14.18	42.53
36	3	108	12.18	36.53
40	1	40	8.18	8.18
42	3	126	6.18	18.53
44	1	44	4.18	4.18
46	4	184	2.18	8.70
48	2	96	0.18	0.35
50	2	100	1.82	3.65
52	3	156	3.82	11.47
58	2	116	9.82	19.65
60	1	60	11.82	11.82
64	1	64	15.82	15.82
66	1	66	17.82	17.82
70	3	210	21.82	65.47
72	1	72	23.82	23.82
74	1	74	25.82	25.82
80	1	80	31.82	31.82
84	2	168	35.82	71.65
90	3	270	41.82	125.47
92	1	92	43.82	43.82
100	2	200	51.82	103.65
110	1	110	61.82	61.82
120	5	600	71.82	359.12
124	2	248	75.82	151.65
	91	4384		2288.75

$$CU = 47.79 \%$$

Lectura promedio = $4384 / 91 = 48.18$

CU = $100 (1 - 2288.75 / 4384)$

CU = 47.79 %

4.4.8.2. Aplicación de la Fórmula del Coeficiente de Christiansen en el Sector Chipicpita (Huambo). Evaluación: 12.00 Horas – 14.00 Horas

En el Cuadro 43 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 12.00 horas, obteniendo un resultado del 47.25 %.

CUADRO 43. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Chipicpita en el horario de 12.00 horas a 14.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.

CU = $100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria (3)})$ (Sapir, 2005)

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
10	1	10	38.18	38.18
14	3	42	34.18	102.53
16	7	112	32.18	225.23
18	1	18	30.18	30.18
20	3	60	28.18	84.53
22	3	66	26.18	78.53
24	4	96	24.18	96.70
26	6	156	22.18	133.05
28	1	28	20.18	20.18
30	6	180	18.18	109.05
32	7	224	16.18	113.23
34	3	102	14.18	42.53
36	3	108	12.18	36.53
40	2	80	8.18	16.35
42	3	126	6.18	18.53
44	1	44	4.18	4.18
46	3	138	2.18	6.53
48	2	96	0.18	0.35
50	2	100	1.82	3.65
52	3	156	3.82	11.47
54	1	54	5.82	5.82
58	2	116	9.82	19.65
60	1	60	11.82	11.82
64	1	64	15.82	15.82
66	1	66	17.82	17.82
70	3	210	21.82	65.47
72	2	144	23.82	47.65
80	1	80	31.82	31.82
84	1	84	35.82	35.82
90	3	270	41.82	125.47
100	2	200	51.82	103.65
110	1	110	61.82	61.82
120	5	600	71.82	359.12
125	2	250	76.82	153.65
134	1	134	85.82	85.82
	91	4384		2312.75

CU = 47.25 %

$$\text{Lectura promedio} = 4384 / 91 = 4384$$

$$\text{CU} = 100 (1 - 1958.46 / 4384)$$

$$\text{CU} = 47.25 \%$$

4.4.8.3. Aplicación de la Fórmula del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en el Sector Chipicpita (Huambo). Evaluación: 18.00 Horas – 20.00 Horas.

En el Cuadro 44 se muestra el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en la evaluación realizada a las 18.00 horas, obteniendo un resultado del 51.70 %.

CUADRO 44. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen en Chipicpita en el horario de 18.00 horas a 20.00 horas en Evaluación del Coeficiente de Christiansen en Riego por Aspersión con línea lateral unitaria en el Sector Chipicpita. Huambo.

$$\text{CU} = 100 (1 - (2 \times 4) / \text{Sumatoria (3)}) \text{ (Sapir, 2005)}$$

1	2	3	4	5
Lecturas(m)	Número de lecturas (n)	m x n	Desviaciones del promedio (d)	Total (2) x (4)
10	1	10	36.97	36.97
14	3	42	32.97	98.90
16	4	64	30.97	123.87
18	1	18	28.97	28.97
20	1	20	26.97	26.97
22	3	66	24.97	74.90
24	5	120	22.97	114.84
26	5	130	20.97	104.84
28	1	28	18.97	18.97
30	11	330	16.97	186.64
32	7	224	14.97	104.77
34	2	68	12.97	25.93
36	3	108	10.97	32.90
38	2	76	8.97	17.93
40	1	40	6.97	6.97
42	4	168	4.97	19.87
44	2	88	2.97	5.93
46	2	92	0.97	1.93
48	3	144	1.03	3.10
50	3	150	3.03	9.10
52	2	104	5.03	10.07
56	1	56	9.03	9.03
58	1	58	11.03	11.03
60	1	60	13.03	13.03
64	2	128	17.03	34.07
70	3	210	23.03	69.10
72	1	72	25.03	25.03
74	2	148	27.03	54.07
80	2	160	33.03	66.07
90	2	180	43.03	86.07
92	1	92	45.03	45.03
100	2	200	53.03	106.07
102	1	102	55.03	55.03
112	1	112	65.03	65.03
120	3	360	73.03	219.10
122	1	122	75.03	75.03
124	1	124	77.03	77.03
	91	4274		2064.18

$$\text{CU} = 51.70 \%$$

Lectura promedio = $4274 / 91 = 46.97$

CU = $100 (1 - 2064.18 / 4274)$

CU = 51.70 %

En el Gráfico 24 se muestra la representación gráfica de las evaluaciones del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen a las 06.00 horas, 12.00 horas y 18.00 horas, en el Sector de Chipicpita.

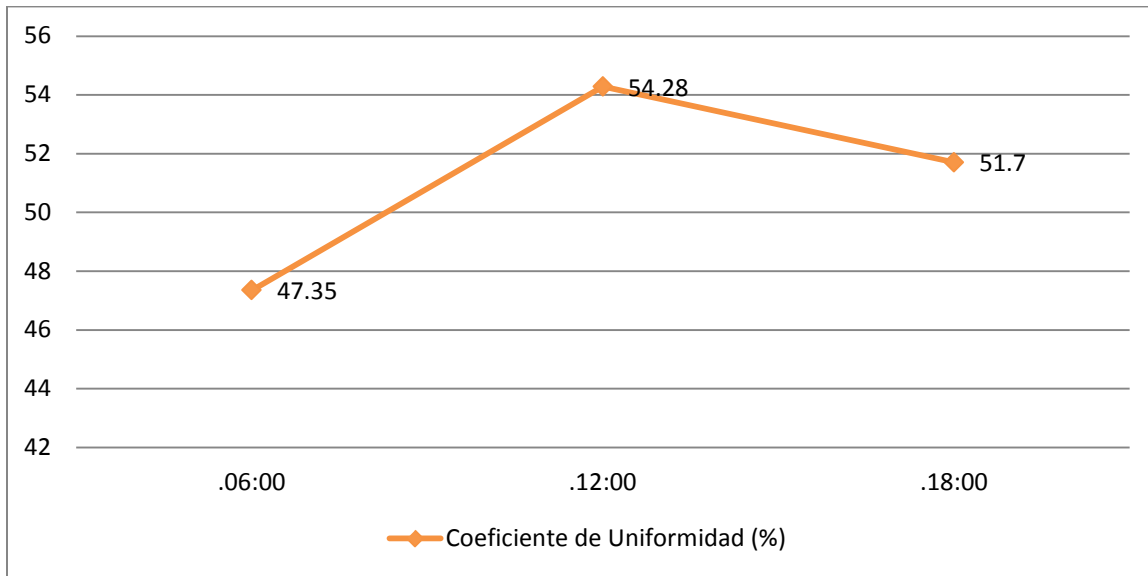


GRAFICO 24. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (%) en los horarios de 06.00, 12.00 y 18.00 horas en el Sector de Chipicpita. Huambo

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN PARA EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIENSEN Y LA PRESIÓN

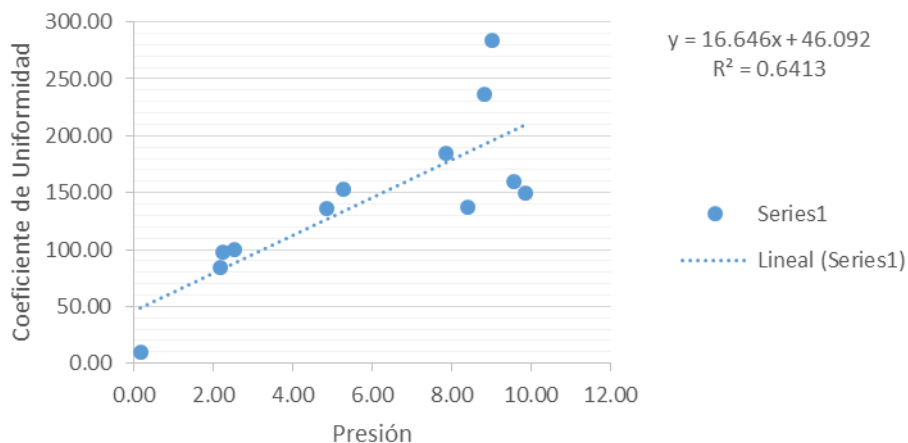
	PRESION			COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD		
	6:00	12:00	18:00	6:00	12:00	18:00
Abrampampa	2.9	2.2	2.3	88.66%	61.92%	66.46%
Staff	3	2.8	2.97	94.76%	65.73%	79.59%
La Ponderosa	1.59	1.48	1.5	62.61%	56.66%	64.86%
Chipicpita	3.14	2.9	3.09	47.79%	47.25%	51.70%

X	Y	x= X-x	y= Y-y	X2	xy	y2
2.9	88.66	0.41	22.99	0.17	9.45	528.73
3	94.76	3.00	94.76	9.00	284.28	8979.46
1.59	62.61	1.59	62.61	2.53	99.55	3920.01
3.14	47.79	3.14	47.79	9.86	150.06	2283.88
2.2	61.92	2.20	61.92	4.84	136.22	3834.09
2.8	65.73	2.80	65.73	7.84	184.04	4320.43
1.48	56.66	1.48	56.66	2.19	83.86	3210.36
2.9	47.25	2.90	47.25	8.41	137.03	2232.56
2.3	66.46	2.30	66.46	5.29	152.86	4416.93
2.97	79.59	2.97	79.59	8.82	236.38	6334.57
1.5	64.86	1.50	64.86	2.25	97.29	4206.82
3.09	51.70	3.09	51.70	9.55	159.75	2672.89

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

r = Coeficiente producto-momento de correlación lineal
 $x = X - \bar{X}$; $y = Y - \bar{Y}$

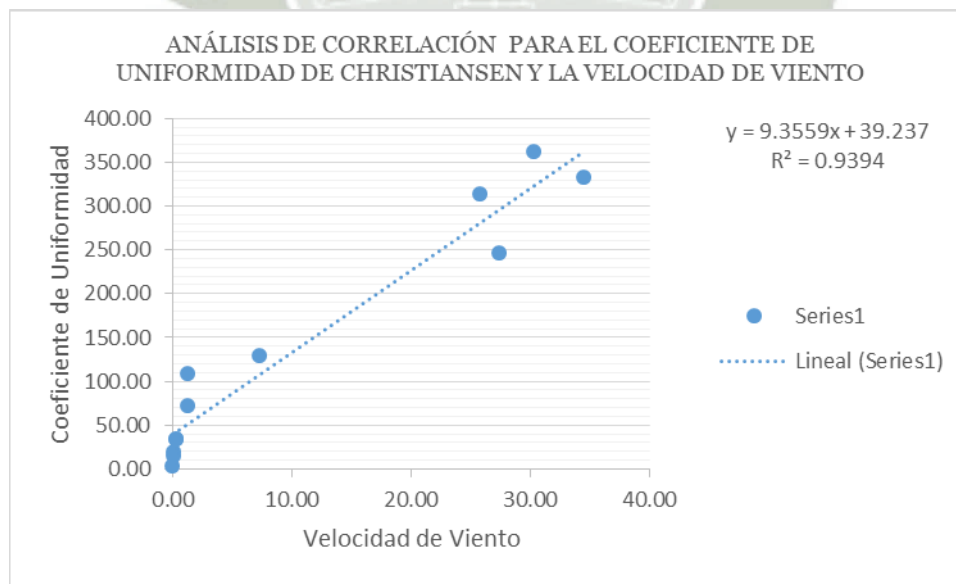
ANÁLISIS DE CORRELACIÓN PARA EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIENSEN Y LA PRESIÓN



ANÁLISIS DE CORRELACIÓN PARA EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIENSEN Y LA VELOCIDAD DE VIENTO

	VELOCIDAD DE VIENTO			COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD		
	6:00	12:00	18:00	6:00	12:00	18:00
Abrampampa	2.75	5.08	0.52	88.66%	61.92%	66.46%
Staff	1.15	5.5	0.25	94.76%	65.73%	79.59%
La Ponderosa	1.15	5.87	0.52	62.61%	56.66%	64.86%
Chipicpita	2.7	5.23	0.3	47.79%	47.25%	51.70%

X	Y	x= X-x	y= Y-y	x2	xy	y2
2.75	88.66	0.17	22.99	0.03	3.79	528.73
1.15	94.76	1.15	94.76	1.32	108.97	8979.46
1.15	62.61	1.15	62.61	1.32	72.00	3920.01
2.7	47.79	2.70	47.79	7.29	129.03	2283.88
5.08	61.92	5.08	61.92	25.81	314.55	3834.09
5.5	65.73	5.50	65.73	30.25	361.52	4320.43
5.87	56.66	5.87	56.66	34.46	332.59	3210.36
5.23	47.25	5.23	47.25	27.35	247.12	2232.56
0.52	66.46	0.52	66.46	0.27	34.56	4416.93
0.25	79.59	0.25	79.59	0.06	19.90	6334.57
0.52	64.86	0.52	64.86	0.27	33.73	4206.82
0.3	51.70	0.30	51.70	0.09	15.51	2672.89



CAPITULO V

DISCUSIÓN

5.1. EVALUACIÓN EN EL SECTOR DE ABRAMPAMPA (HUAMBO)

5.1.1. PRESIÓN

Se observa que en promedio la máxima presión se obtiene en la evaluación de la 06.00 horas con 3.00 bar, debido posiblemente a que la demanda de agua es poca en las primeras horas del día, mientras que la presión más baja es en el horario de las 12.00 horas con 2.00 bar, cuando la demanda de agua es alta y provoca una baja en la presión. En promedio la presión máxima fue de 2.63 bar y la mínima de 2.30 bar.

En el Proyecto se consideró una presión nominal de trabajo de 3.00 bar, considerando que la zona del Proyecto presenta un desnivel topográfico suficiente para operar el sistema, sin embargo se ha previsto suministrar una unidad de bombeo para un arco de riego (motor a gasolina), que no cuenta con energía gravitacional. Cabe indicar (Zambrano, conversación personal), que el Estado implementó en Puno un Proyecto para tecnificar el altiplano con riego por aspersion con la extracción de agua subterránea empleando motores con el uso de petróleo y por el costo que representa esto, han sido abandonados (88 pozos). (Gutiérrez, 1996), señala que para la Sección "A", parcelas que de acuerdo a Diseño deberían trabajar con presiones de 2.5 Kg/cm², tienen 1.5 a 1.8 Kg/cm² y aquellas que deberían tener 3.0 Kg/cm², tienen entre 1.4 y 2.7 Kg/cm². (Valdivia, 1998), señala que para la Sección "D" (Irrigación Majes), la Presión promedio para toda la Sección es de 1.42 Kg/cm², con presiones a las 06.00 hr. de 1.46 Kg/cm², a las 12.00 horas de 1.38 Kg/cm² y 1.43 Kg/cm² a las 18.00 hr. (Paredes, 1997), para la Sección "B" (Irrigación Majes), indica que el funcionamiento de los aspersores debería ser con una presión de 2.50 Kg/cm², sin embargo la presión promedio en la Sección "B" es de 1.84 Kg/cm², siendo la más baja a las 12.00 hr con 1.65 Kg/cm², que coincide con la máxima de agua en la Sección, tanto para riego, como

para el ganado y usos domésticos. (Díaz, 1999), reporta que para la Sección “C” (Irrigación Majes), la presión promedio del funcionamiento para toda la Sección es de 1.62 Kg/cm^2 y lo diseñado por AUTODEMA es de 2.50 Kg/cm^2 . (Llerena, 1999), manifiesta que en el Asentamiento 6 (San Camilo), la presión promedio en los aspersores de las Parcelas chicas (Tipo “A”) fue de 1.30 Kg/cm^2 y en las Parcelas Grandes (Tipo “B”) fue de 1.50 Kg/cm^2 ; para el Asentamiento 7, la Presión fue de 1.20 Kg/cm^2 y 1.17 Kg/cm^2 , para las Parcelas Tipo “A” y Tipo “B”, respectivamente. (Del Carpio, 2001), señala que para el Asentamiento 5 (San Camilo), el promedio de la presión fue de 1.80 Kg/cm^2 , con una presión en la mañana de 1.72 Kg/cm^2 y en la tarde de 1.88 Kg/cm^2 .

5.1.2. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

En promedio las velocidades más altas se presentan en el horario de las 12.00 horas con 5.59 m/s y las más bajas en el horario de las 06.00 horas con 2.50 m/s . En promedio las velocidades del viento a las 06.00 horas es de 2.75 m/s , a las 12.00 horas de 5.08 m/s y a las 18.00 horas de 0.52 m/s . (Eljanani, 1974), señala de 0.0-0.7viento nulo; 0.7 - 2.5 m/s viento ligero; $2.5 - 3.5 \text{ m/s}$ viento fuerte y más de 3.5 m/s , viento muy fuerte La zona se caracteriza por los vientos alisios y los riegos no son recomendables al medio día

5.1.3. TEMPERATURA

Se muestra que en promedio las temperaturas más altas se registran a las 12.00 horas con $18.4 \text{ }^\circ\text{C}$, con un promedio de $17.7 \text{ }^\circ\text{C}$ y las más bajas a las 06.00 horas con $2.3 \text{ }^\circ\text{C}$. En promedio a las 06.00 es de 5.5°C ., a 12.00 horas de $16.4 \text{ }^\circ\text{C}$. y 18.00 horas de $6.3 \text{ }^\circ\text{C}$. . El clima es seco y templado y como se observa las temperaturas más altas se han presentado al medio día y las más bajas en la evaluación de las 06.00 horas, señalando que la temperatura mínima se presenta por debajo de los 5°C en la zona del proyecto.

5.1.4. HUMEDAD RELATIVA

Los valores más altos se registra a las 06.00 horas con 51%, mientras que el más bajo se presenta a las 18.00 horas con 49.5 %. Los valores obtenidos son intermedios por la época en la que se ha efectuado el estudio, indicando que en verano los valores son altos por ser una temporada lluviosa y en invierno es seco.

5.1.5. ALTURA DE ELEVADORES

Tiene una altura de 0.70 m., $\frac{3}{4}$ " de diámetro, roscado (R-R), considerando que tiene mucha longitud, pues el cultivo proyectado es orégano y es suficiente de 0.40 m., pues le proporciona mayor estabilidad a la línea de riego. En zonas donde se tiene riego por aspersión en alfalfa, en altura casi similar al orégano, como la Irrigación Majes y La Joya Nueva, emplean elevadores de 0.40 m.

5.1.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES

Los aspersores empleados en el Sector de Abrampampa son VYR-36, de plástico, con dos boquillas de metal de 3.6 mm x 2.4 mm de diámetro (Anexo 01). En el Proyecto se consideró aspersores de impacto $\frac{3}{4}$ ", rosca macho con boquilla de 3.5 mm de diámetro. En la Irrigación San Camilo (La Joya Nueva), emplean aspersores NAAN 292/92 con dos boquillas y en la Irrigación Majes, aspersores NELSON con dos boquillas.

5.1.7. DESCARGA DE ASPERSORES

Las descargas más altas se presentan en el horario de las 18.00 horas con 1400 l/h y las más bajas a las 12.00 horas con 1110 l/h. La descarga está en función de la presión, es decir a mayor presión, la descarga es mayor. Según catálogo, para una presión de 3.00 bar, con aspersor de boquillas 3.6 mm x 2.4 mm es de 1226 l/h. En términos generales, la descarga de aspersores en La Joya Nueva es de 1.5 m³/h, mientras que en la Irrigación Majes es de 1.6 m³/h.

5.1.8. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Las boquillas de los emisores son en número de dos (3.6 x 2.4 mm) y en el diseño solamente consideró una (3.5 mm), lo que influye en la descarga, lo mismo que la presión nominal debería ser 3.0 bar y en la evaluación el promedio fue de 2.47 bar, que también afecta la descarga del aspersor (1226 l/h la nominal y 1210 l/h en la práctica), es decir que en cada riego están aplicando menos agua por unidad de tiempo.

5.1.9. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN

La Uniformidad de Aplicación a las 06.00 horas fue de 88.66%, a las 12.00 horas de 61.92 % y a las 18.00 horas de 66.46 %, por debajo de los sugerido por Christiansen que es del 84.00%. El valor más alto fue a las 06.00, posiblemente por la buena presión y valores de viento bajo, estado del equipo de riego, entre otros factores.

(Valdivia, 1977), en un trabajo en el CRICAS (Centro Regional de Investigación y Capacitación Agropecuaria del Sur, en San Camilo (La Joya Nueva), encontró que con la presión de 2.5 atm., en el espaciamiento de 12 m x 12 m , este Coeficiente de 84%, se puede hallar hasta con una velocidad máxima de viento de 2.6 m/s, mientras que para el espaciamiento de 12 m x 18 m, hasta una velocidad de 2.3 m/s y para un espaciamiento de 18 m x 12 m sólo hasta una velocidad máxima de viento de 1.7 m/s.

(Gutiérrez, 1996), en un trabajo similar en La Sección "A" (Santa María de La Colina, El Pedregal y El Alto) con 592 parcelas en 3 000 has, en la Irrigación Majes, determinó que a las 06.00 horas el C.U. fue en promedio 51.10 %, a las 12.00 horas de 43.4% y a las 18.00 horas de 52.40 % y en promedio para toda la Sección "A" de 48.97%.

(Paredes, 1997), para la Sección "B" con Asentamiento B-1 (109 parcelas en 628.36 has), Asentamiento B-2 (109 parcelas en 633.36 has.) Asentamiento B-3 (104 parcelas en 601.31 has.) y Asentamiento B-4 (109 parcelas en 628.31 has), a las 06.00 horas el C.U. fue 38.77%, a las 12.00 horas 37.77 % y a las 18.00 horas de 33.96 %, con un promedio para todo el Asentamiento de 36.83 %.

(Díaz, 1999), para la Sección “C” con Asentamiento C-1 (99 parcelas en 575.48 has), Asentamiento B-2 (114 parcelas en 656.42 has) y Asentamiento C-3 (107 parcelas en 620.21 has.), a las 06.00 horas el C.U. fue 46.17%, a las 12.00 horas 47.06 % y a las 18.00 horas de 45.36 %, con un promedio para todo el Asentamiento de 40.05 %.

(Valdivia, 1997), para la Sección “D” con Asentamiento D-1 (138 parcelas en 954.76 has), Asentamiento D-2 (101 parcelas en 663.86 has), Asentamiento D-3 (90 parcelas en 827.20 has.), Asentamiento D-4 (129 parcelas en 902.06 has) y Asentamiento D-5 (130 parcelas en 824.24 has, a las 06.00 horas el C.U. fue 53.8%, a las 12.00 horas 42.5 % y a las 18.00 horas de 49.8 %, con un promedio para todo el Asentamiento de 48.7 %.

(Llerena, 1999), en la Irrigación San Camilo (La Joya Nueva), en el Asentamiento 6 encontró que en las Parcelas Tipo A (Parcelas chicas), el Coeficiente de Uniformidad en horas de la mañana fue de 56.37% y en la Tarde de 48.53% y en las Parcelas Tipo B (Parcelas grandes), el C.U. en las mañanas es 56.89% en las mañanas y 48.56% en las tardes. Para el Asentamiento 7, en las Parcelas Tipo “A” el C.U. de 52.10% en las mañanas y 45.77 % en las tardes y para las Parcelas Tipo “B”, el C.U. de 54.26 % en las mañanas y 45.77% en las tardes.

(Del Carpio, 2001), en la Irrigación San Camilo (La Joya Nueva), en el Asentamiento 5, encontró que en el horario de la mañana, el C.U fue de 46.4% con un rango entre 42.3 % y 57.0%, en la tarde el promedio fue de 38.3 %, con una variación entre 35.0% y 45.0 %.

5.2. EVALUACIÓN EN EL SECTOR STAFF (HUAMBO)

5.2.1. PRESIÓN

En promedio la máxima presión se obtiene en la evaluación de la 06.00 horas con 3.10 bar, debido posiblemente a que la demanda de agua es poca en las primeras horas del día, mientras que la presión más baja es en el horario de las 12.00 horas con 2.70 bar, cuando la demanda de agua es alta y provoca una baja en la presión. En promedio la presión a las 06.00 horas es de 3.00 bar, a las 12.00 horas de 2.80 bar y a las 18.00 horas de 2.97 bar.

En el Proyecto se consideró una presión nominal de trabajo de 3.00 bar (30.00 mca), considerando que la zona del Proyecto presenta un desnivel topográfico suficiente para operar el sistema.

(Gutiérrez, 1996), señala que para la Sección "A" (Irrigación Majes), parcelas que de acuerdo a Diseño deberían trabajar con presiones de 2.5 Kg/cm², tienen 1.5 a 1.8 Kg/cm² y aquellas que deberían tener 3.0 Kg/cm² tienen entre 1.4 y 2.7 Kg/cm². (Valdivia, 1998), señala que para la Sección "D" (Irrigación Majes), la Presión promedio para toda la Sección es de 1.42 Kg/cm², con presiones a las 06.00 hr. de 1.46 Kg/cm², a las 12.00 horas de 1.38 Kg/cm² y 1.43 Kg/cm² a la 18.00 hr. (Paredes, 1997), para la Sección "B" (Irrigación Majes), indica que el funcionamiento de los aspersores debería ser con una presión de 2.50 Kg/cm², sin embargo la presión promedio en la Sección "B" es de 1.84 Kg/cm², siendo la más baja a las 12.00 hr con 1.65 Kg/cm², que coincide con la máxima demanda de agua en la Sección, tanto para riego, como para el ganado y usos domésticos. (Díaz, 1999), reporta que para la Sección "C" (Irrigación Majes), la presión promedio del funcionamiento para toda la Sección es de 1.62 Kg/cm² y lo diseñado por AUTODEMA es de 2.50 Kg/cm². (Llerena, 1999), manifiesta que en el Asentamiento 6 (San Camilo), la presión promedio en los aspersores de las Parcelas chicas (Tipo "A") fue de 1.30 Kg/cm² y en las Parcelas Grandes (Tipo "B") fue de 1.50 Kg/cm²; para el Asentamiento 7, la Presión fue de 1.20 Kg/cm² y 1.17 Kg/cm², para las Parcelas Tipo "A" y Tipo "B", respectivamente. (Del Carpio, 2001), señala que para el Asentamiento 5 (San Camilo), el promedio de la presión fue de 1.80 Kg/cm², con una presión en la mañana de 1.72 Kg/cm² y en la tarde de 1.88 Kg/cm². (Díaz, 1999), reporta que para la Sección "C" (Irrigación Majes), la presión promedio del funcionamiento para toda la Sección es de 1.62 Kg/cm² y lo diseñado por AUTODEMA es de 2.50 Kg/cm².

5.2.2. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

Se indica que en promedio las velocidades de viento más altas se presentan en el horario de las 12.00 horas con 3.60 m/s y las más bajas en el horario de las 06.00 horas con 1.10 m/s. En promedio la velocidad a las 06.00 horas es de 1.15 m/s, a

las 12.00 horas de 3.50 m/s y a las 18.00 horas de 2.45 m/s. Para riego por aspersión, los vientos en el sector están clasificados como ligeros, fuertes y muy fuertes.

La zona se caracteriza por tener vientos alisios que son de importancia por su dirección e intensidad. Se puede señalar que los riegos no son recomendables al medio día, por ser altos en intensidad y peor si se usan aspersores de una sola boquilla. (Valdivia, 1977), en San Camilo (Centro Regional de Investigación y Capacitación Agropecuaria del Sur), encontró que con una presión de 2.5 atm., en el espaciamiento 12x12, el Coeficiente de Uniformidad del 84%, se puede hallar hasta con una velocidad máxima de viento de 2.6 m/s, mientras que para el espaciamiento 12x18 hasta una velocidad de 2.6 m/s y para el espaciamiento 18x12 sólo hasta una velocidad máxima de viento de 1.7m/s.

5.2.3. TEMPERATURA

Se muestra que en promedio las temperaturas más altas se registran a las 12.00 horas con 19.7 °C, y las más bajas a las 06.00 horas con 2.3 °C. En promedio la temperatura a las 06.00 horas es de 2.6 °C, a las 12.00 horas de 18.8°C y a las 18.00 horas de 7.5 °C. El clima es seco y templado y como se observa las temperaturas más altas se han presentado al medio día y las más bajas en la evaluación de las 06.00 horas, señalando que en determinadas épocas del año, la temperatura mínima se presenta por debajo de los 5°C.

5.2.4. HUMEDAD RELATIVA

Se muestra que los valores más altos se registran a las 06.00 horas, con 52.0 %, mientras que el más bajo a las 12.00 horas con 48.5 %. Los valores de H.R. son intermedios y se debe a que el estudio se realizó en una época seca, a comparación de épocas lluviosas, que se obtiene valores altos. En términos generales, la Humedad relativa es moderada, se incrementa en las épocas donde predominan las neblinas.

5.2.5. ALTURA DE ELEVADORES

Tienen una altura de 0.70 m., de aluminio, $\frac{3}{4}$ " de diámetro, roscado (R-R), considerando que es bastante alto, pues el cultivo proyectado es orégano y es suficiente 0.40 m., pues le proporciona mayor estabilidad a la línea de riego y contrarresta la velocidad del viento.

En zonas donde se tiene riego por aspersión en alfalfa, casi similar al orégano en altura, como la Irrigación Majes y La Joya Nueva, emplean elevadores de 0.40 m.

5.2.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES

Los aspersores en el Sector Staff son VYR-36, de plástico, con dos boquillas de metal de 4 mm x 2.4 mm de diámetro. En el Proyecto se consideró aspersores de impacto $\frac{3}{4}$ ", rosca macho con una boquilla de 4.00 mm de diámetro. En la Irrigación San Camilo (La Joya Nueva), emplean aspersores NAAN 292/92 con boquilla de 5.0 mm y en la Irrigación Majes, aspersores Nelson con boquillas de $\frac{3}{16}$ " con presiones relativamente altas y parcelas con baja presión $\frac{5}{32}$ ".Últimamente se han introducido una serie de aspersores, con boquillas que no se ajustan al diseño hidráulico.

5.2.7. DESCARGA DE ASPERSORES

Las descargas más altas se presentan en el horario de las 06.00 horas con 1500 l/h y las más bajas a las 12.00 horas con 1300 l/h. En promedio a las 06.00 horas es de 1475 l/h, a las 12.00 horas de 1325 l/h y a la 18.00 de 1415 l/hora. La descarga está en función de la presión, es decir a mayor presión, la descarga es mayor. Según catálogo, para una presión de 3.0 bar, con aspersor de boquillas 4.0 mm x 2.4 mm es de 1425 l/h. En términos generales, la descarga de aspersores en La Joya Nueva es de 1.45 m³/h, mientras que en la Irrigación Majes es de 1.60 m³/h.

5.2.8. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Las boquillas de los emisores son en número de dos (4.0 x 2.4 mm) y en el diseño solamente consideró una (4 mm), lo que influye en la descarga, lo mismo que la

presión nominal debería ser 3.0 bar y en la evaluación el promedio fue de 2.92 bar, que también afecta la descarga del aspersor (1425 l/h la nominal y 1405 l/h en la práctica), es decir que en cada riego están aplicando menos agua por unidad de tiempo.

5.2.9. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN

La Uniformidad de Aplicación a las 06.00 horas fue de 94.76%, a las 12.00 horas de 65.73 % y a las 18.00 horas de 79.59%, por debajo de los sugerido por Christiansen que es del 84.00%, a excepción de la evaluación realizada a las 06.00 horas.

El valor más alto fue a las 06.00, posiblemente por la buena presión y valores de viento bajo, estado del equipo de riego, entre otros factores, que coincide con lo mencionado por Valdivia (1977) y otros investigadores.

(Valdivia, 1977), en trabajos realizados en el Centro Regional de Investigación y Capacitación Agropecuaria del Sur (CRICAS) en San Camilo (La Joya Nueva), determinó el Coeficiente de Uniformidad, con una línea lateral de riego para los distanciamientos 12x12 y 12x18, con aspersores NAAN 292/92, con boquillas de 5.0 mm de diámetro, una presión constante de 2.5 atm., descarga de aspersores que variaron entre 1.38 y 1.45 m³/h, para un distanciamiento de 12x12 valores de 93.60% con viento de 0.51 m/s, 89.43% y 0.60 m/s, 91.81% y 0.60 m/s, 89.41% y 2.15 m/s, 87.36% y 1.68 m/s, 85.33% y 2.03 m/s, 81.08% y 3.17 m/s, 77.94% y 3.44 m/s y 76.85% y 3.44 m/s.

(Gutiérrez, 1996), en un trabajo similar en La Sección "A" (Santa María de La Colina, El Pedregal y El Alto) con 592 parcelas en 3 000 has, en la Irrigación Majes, determinó que a las 06.00 horas el C.U. fue en promedio 51.10 %, a las 12.00 horas de 43.4% y a las 18.00 horas de 52.40 % y en promedio para toda la Sección "A" de 48.97%.

(Paredes, 1997), para la Sección "B" con Asentamiento B-1 (109 parcelas en 628.36 has), Asentamiento B-2 (109 parcelas en 633.36 has.) Asentamiento B-3 (104 parcelas en 601.31 has.) y Asentamiento B-4 (109 parcelas en 628.31 has), a las

06.00 horas el C.U. fue 38.77%, a las 12.00 horas 37.77 % y a las 18.00 horas de 33.96 %, con un promedio para todo el Asentamiento de 36.83 %.

(Díaz, 1999), para la Sección "C" con Asentamiento C-1 (99 parcelas en 575.48 has), Asentamiento B-2 (114 parcelas en 656.42 has) y Asentamiento C-3 (107 parcelas en 620.21 has.), a las 06.00 horas el C.U. fue 46.17%, a las 12.00 horas 47.06 % y a las 18.00 horas de 45.36 %, con un promedio para todo el Asentamiento de 40.05 %.

(Valdivia, 1997), para la Sección "D" con Asentamiento D-1 (138 parcelas en 954.76 has),

Asentamiento D-2 (101 parcelas en 663.86 has), Asentamiento D-3 (90 parcelas en 827.20 has.), Asentamiento D-4 (129 parcelas en 902.06 has) y Asentamiento D-5 (130 parcelas en 824.24 has, a las 06.00 horas el C.U. fue 53.8%, a las 12.00 horas 42.5 % y a las 18.00 horas de 49.8 %, con un promedio para todo el Asentamiento de 48.7 %.

(Llerena, 1999), en la Irrigación San Camilo (La Joya Nueva), en el Asentamiento 6 encontró que en las Parcelas Tipo A (Parcelas chicas), el Coeficiente de Uniformidad en horas de la mañana fue de 56.37% y en la Tarde de 48.53% y en las Parcelas Tipo B (Parcelas grandes), el C.U. en las mañanas es 56.89% en las mañanas y 48.56% en las tardes. Para el Asentamiento 7, en las Parcelas Tipo "A" el C.U. de 52.10% en las mañanas y 45.77 % en las tardes y para las Parcelas Tipo "B", el C.U. de 54.26 % en las mañanas y 45.77% en las tardes.

(Del Carpio, 2001), en la Irrigación San Camilo (La Joya Nueva), en el Asentamiento 5, encontró que en el horario de la mañana, el C.U fue de 46.4% con un rango entre 42.3 % y 57.0%, en la tarde el promedio fue de 38.3 %, con una variación entre 35.0% y 45.0 %.

5.3. EVALUACIÓN EN EL SECTOR LA PONDEROSA (HUAMBO).

5.3.1. PRESIÓN

Se observa que en promedio la presión más alta se obtiene en las evaluaciones de la 06.00 con 1.66 bares (16.6 mca) y la más baja en el horario de las 12.00 horas con 1.45 bares (14.5 mca). La presión para estos sectores por diferencia de altura (gravitacional) y según el Proyecto la presión estimada es de 1.5 bar (15 mca) y una descarga de 510 l/h y los resultados de campo no están dentro de lo previsto. (Ministerio de Agricultura, 2013)

5.3.2. VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

Se indica que en promedio las velocidades más altas se presentan en el horario de las 12.00 horas con 5.91 m/s y las más bajas en el horario de las 18.00 horas Calmo. En promedio, para las 06.00 horas es de 1.15 m/s, a las 12.00 horas de 5.87 m/s y 18.00 horas de 0.52 m/s. En el Sector predominan los vientos alisios del Pacífico en el día y en la noche los contras alisios que vienen de las partes altas. (Ministerio de Agricultura, 2013).

5.3.3. TEMPERATURA

Se muestra que en promedio las temperaturas más altas se registran a las 12.00 horas con 20.3 °C y las más bajas a las 06.00 horas con 3.7 °C. En promedio, a las 06.00 horas es 4.1°C, a 12.00 horas 17.5 °C y 18.00 horas 7.3 °C. El Sector tiene clima templado a frío, estepa montaña sub tropical, zona quechua. En términos generales, las temperaturas más bajas son al amanecer (05.00 horas) y las más altas al medio día (12.00 a 13.00 horas). (Ministerio de Agricultura, 2013).

5.3.4. HUMEDAD RELATIVA

Se muestra que los valores más altos se registran a las 06.00 horas, con 51.2%, mientras que los más bajos se presenta a las 12.00 horas con 49.4 %.

La Humedad relativa es moderada intermedia, con valores altos en verano por la presencia de neblinas y valores bajos en invierno (Ministerio de Agricultura, 2013).

5.3.5. ALTURA DE ELEVADORES

Son de PVC de 0.70 m de longitud y de soporte cuentan con una varilla de metal de 1.0 m. que es muy alto para el cultivo de orégano que se tiene proyectado, teniendo en cuenta que para el cultivo de alfalfa, que es un cultivo casi similar en altura, no pasan de 0.40 m, como en la Irrigación San Camilo o Irrigación Majes.

5.3.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES

Aspersores NaanDanJain 5022 SD-U, (Anexo 07). En el diseño se consideró emisores con boquillas de 2.8 x 1.8 mm de diámetro y con una descarga de 510 l/h con una presión de 1.5 bar, trabajando con un distanciamiento de 12 x 12m.

5.3.7. DESCARGA DE LOS ASPERSORES

Se muestra que en promedio, las descargas más altas se presentan en el horario de las 06.00 horas con 550l/h y las más bajas a las 12.00 horas con 515l/h. En promedio la descarga a la 06.00 horas es de 543 l/h, a las 12.00 horas de 518 l/h y a las 18.00 horas de 535 l/h. Se puede señalar que las descargas al medio día son bajas, por la presión y la demanda de agua a esas horas del día.

5.3.8. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

La boquillas del emisor es 2.8 x 1.8 mm de acuerdo al diseño, y la presión nominal debería ser 1.5 bar y en la evaluación el promedio fue de 1.52 bar, que también afecta la descarga del aspersor (510 l/h la nominal y 532 l/h en la práctica), es decir que en cada riego están aplicando más agua por unidad de tiempo.

5.3.9. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN

Para las evaluaciones realizadas a las 06.00 horas, se halló un Coeficiente de Uniformidad de 62.61%, para las 12.00 horas de 56.66% y las 18.00 horas de 64.86%, que se desprende de que este Coeficiente es relativamente alto a las 18.00 horas y la más baja a las 12.00 horas, horario donde ocurren las mayores velocidades de viento y la presión baja por la demanda de agua a estas horas del día. En términos generales, están por debajo del 84% que sugiere Christiansen. Son válidas las apreciaciones hecha por varios autores, para los Sectores Abrampampa y Staff y que son aplicables al Sector La Ponderosa.

5.4. EVALUACIÓN EN EL SECTOR CHIPICPITA (HUAMBO)

5.4.1. PRESIÓN

Se observa que en promedio la presión más alta se obtiene en las evaluaciones de la 06.00 horas con 3.16 bar y la más baja en el horario de las 12.00 horas con 2.88 bar. En promedio, a las 06.00 horas es de 3.14 bar, a las 12.00 horas de 2.90 bar y a las 18.00 horas 3.09 bar. Se ha considerado para este Sector un sistema de riego del tipo semi fijo de cobertura total, con un marco de riego de 12 x 15. El reservorio de tierra ha sido construido en la parte alta para aprovechar la energía potencial y tener la presión suficiente para poder regar. La presión nominal para el sistema semi fijo es de 3.16 bar, aspersores de impacto de material plástico, con boquillas de 3.57 mm, que proyecta una descarga de 870 l/h.

5.4.2. DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO

Se indica que en promedio las velocidades más altas se presentan en el horario de las 12.00 horas con 5.50 m/s y las más bajas en el horario de las 18.00 horas Calmo. En promedio a las 06.00 horas es de 2.70 m/s, a las 12.00 horas de 5.23 m/s y a las 18.00 horas de 0.30 m/s. El viento desvía el chorro que sale de la boquilla del aspersor, arruina el modelo de aplicación, originando escurrimientos de agua que aplica fuera del área de riego.

(Eljanani, 1974), indica que debe regarse durante las horas del día en que no hay viento o cuando la velocidad del mismo es de 0 a 2.5 m/s. La zona se caracteriza por soportar vientos alisios que provienen del Pacífico en el día y en la noche los vientos que provienen de las alturas (contra alisios).

5.4.3. TEMPERATURA

Se muestra que en promedio las temperaturas más altas se registran a las 12.00 horas con 18.2 °C y las más bajas a las 06.00 horas con 2.6 °C. En promedio a las 06.00 horas es de 3.7 °C, 12.00 horas de 17.8 °C y 18.00 horas de 6.0 °C. La zona se caracteriza por tener un clima templado a frío, estepa montaña, sub tropical, zona quechua.

La temperatura mínima puede llegar a los 4.7 °C, soportando las más bajas temperatura al amanecer (05.00 horas) y las más altas al medio (12.00 a 13.00 horas).

5.4.4. HUMEDAD RELATIVA

Se muestra que los valores más altos se registran a la 06.00 horas con 46.2 %, mientras que el más bajo se presenta a las 18.00 horas con 42.0 %. Valores más altos se presentan en las primeras horas del día, por la presencia de neblinas en ciertas épocas del año. La H.R es moderada o intermedia al medio día en la zona.

5.4.5. ALTURA DE ELEVADORES

Son de PVC, C-10 con una altura de 0.70 m. Los elevadores son estabilizados por un soporte de metal con accesorios de sujeción. Para el cultivo de orégano contemplado en el Proyecto, la altura del elevador es demasiado, siendo suficiente una altura de 0.40 m.

5.4.6. CARACTERÍSTICAS DE LOS ASPERSORES

Según el Proyecto, se consideró aspersores de impacto de material plástico, ¾" rosca macho, boquilla de bronce de 3.57 mm.

La descarga de 870 l/h a una presión de trabajo de 3.16 bar. En el campo emplean aspersores RC-235/2 con dos boquillas, 4.0 x 2.4 mm. (Anexo 08).

5.4.7. DESCARGA DE ASPERSORES

Se muestra que en promedio, la descarga más alta se presenta en el horario de las 06.00 horas con 870 l/h y la más baja a las 12.00 horas con 857 l/h. En promedio a las 06.00 horas es de 866 l/h, a las 12.00 horas de 858 l/h y a las 18.00 horas de 863 l/h. La descarga de los aspersores depende de la presión con que trabaja el aspersor.

El sistema es del tipo semi fijo de cobertura total con un marco de riego de 12 x 15 m. Los laterales son de manguera de P.E. Los aspersores son de impacto de material plástico.

5.4.8. RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Las boquillas de los emisores (3.57 mm), del diseño original no coinciden en las evaluadas; la presión nominal en el proyecto es de 3.16 bar y en la evaluación el promedio fue de 3.04 bar, es decir existe menos presión, que afecta la descarga del aspersor (870 l/h la nominal y 862 l/h en la práctica), es decir que en cada riego están aplicando menos agua por unidad de tiempo.

5.4.9. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN

Para el Sector de Chipicpita, el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen para el horario de 06.00 horas fue de 47.79%, para las 12.00 horas de 47.25% y para las 18.00 horas de 51.70 %. Como puede observarse, están por debajo de lo propuesto por Christiansen que es del 84%. Esto es debido entre otros factores a la velocidad del viento, a la presión de funcionamiento de los aspersores, al estado de los emisores, sobre todo al desgaste de las arandelas en la base y tubo del aspersor, a la tensión del resorte de la cuña y martillo, etc. La uniformidad de aplicación del agua es uno de los factores fundamentales que influyen en el nivel de producción del cultivo.

(Eljanani, 1974), dice que la defectuosa uniformidad de aplicación se manifiesta frecuentemente por altura no uniforme de las plantas, diferencias de color en el follaje y flora dispersa.

Para este Sector, son también válidas todas las apreciaciones hechas en base a diferentes estudios en la Irrigación Majes y la Irrigación de San Camilo, sobre la determinación de este Coeficiente. (Valdivia, 1977; Gutiérrez, 1996; Paredes, 1997, Valdivia, 1997; Díaz 1999; Llerena, 1999; Del Carpio 2001).

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN PARA EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN Y LAS VARIABLES: VELOCIDAD DE VIENTO Y PRESIÓN

(Valdivia, 1977), indica que el Coeficiente de Christiansen y la velocidad de viento siguen una relación inversamente proporcional, ya que ante una mayor velocidad de viento el Coeficiente de Christiansen disminuye.

Así también describe que el coeficiente de Correlación para todos sus ensayos indica un alto grado de asociación entre el Coeficiente de Christiansen y la velocidad de viento; que se observa de la misma forma en el análisis de correlación para esta investigación en Huambo obteniendo un R^2 0.9394 que significa una correlación positiva alta. Resalta entre sus observaciones que para los meses de julio y agosto podemos regar hasta las 11 horas y luego reiniciar a las 17 horas; de acuerdo al cronograma de ensayos de campo que se realizó durante los mismos meses concluimos que es recomendable para la operación óptima del sistema es a partir de las 14 horas y 10 horas del día siguiente, donde las velocidades oscilan entre 0.40 y 2 m/s. Para obtener una mayor uniformidad de aplicación, según el Coeficiente de Christiansen indica operar el sistema de riego por aspersión a una misma velocidad de viento, adoptando el modelo de distribución o espaciamiento 12 x 12 y trabajando a una presión de 2.5 bar (Valdivia, 1977).

Acerca de sus trabajos en diferentes condiciones de Presión (1.5, 2.5, y 3.5 bar), tiene una relación directamente proporcional entre la Uniformidad de Aplicación, "Coeficiente de Christiansen", ya que a medida que aumenta la presión vamos obteniendo una mayor uniformidad, donde también influye los aspersores que son de presión alta, boquilla de 5 mm y elevadores de 0.40 m que detalla en sus especificaciones técnicas (anexos); de la misma forma para este trabajo se obtiene una correlación positiva moderada R^2 0.6413 para presiones de (3 y 1.5 bar).

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

A. SECTOR ABRAMPAMPA-HUAMBO

1. La altura de los elevadores de los laterales de riego son de aluminio de 0.70 m de longitud. En el proyecto se consideró una presión nominal de 3 bar, y el resultado de las evaluaciones de campo tiene una presión promedio de 2.47 bar. La descarga nominal considerada en el estudio fue de 1226 l/h y la evaluada en campo es de 1210 l/h. Los aspersores son de polipropileno, de impacto, con boquillas de metal de 3.6 mm x 2.4 mm de diámetro. En el diseño se consideró aspersores con una sola boquilla de 3.5 mm de diámetro.
2. La temperatura máxima promedio es de 12.1 °C y la mínima de 6.7 °C, registrándose las más bajas a las 6:00 horas con 5.5 °C. La humedad relativa promedio es de 50.2 %, con valores máximos a las 6:00 horas con 51.00 %. Los vientos alisios tienen una predominancia NW con valores máximos de 5.08 m/s a las 12.00 horas.
3. Los valores del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen, estudiados a lo largo del día, son los siguientes:
 - En el horario de las 6:00 am tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 88.66 %
 - En el horario de las 12:00 pm tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 61.92 %
 - En el horario de las 18:00 pm tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 66.46 %

El promedio del coeficiente de uniformidad para el sector de Abrampampa es de 72.35%

B. SECTOR STAFF-HUAMBO

1. La altura de los elevadores de los laterales de riego son de aluminio de 0.70 m de longitud. En el proyecto se consideró una presión nominal de 3 bar, y el resultado de las evaluaciones de campo tiene una presión promedio de 2.92 bar. La descarga nominal considerada en el estudio fue de 1425 l/h y la evaluada en campo es de 1405 l/h. Los aspersores son de polipropileno, de impacto, con boquillas de metal de 4.0 mm x 2.4 mm de diámetro. En el diseño se consideró aspersores de impacto de material plástico de $\frac{3}{4}$ "', de conexión rosca macho con una sola boquilla de 4 mm de diámetro.
2. La temperatura máxima promedio es de 10.9 °C y la mínima de 8.3 °C, registrándose las más bajas a las 6:00 horas con 2.3 °C. La humedad relativa promedio es de 50.6 %, con valores máximos a las 6:00 horas con 52.00 %. Los vientos alisios tienen una predominancia N con valores máximos de 5.50 m/s a las 12.00 horas.
3. Los valores del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen, estudiados a lo largo del día, son los siguientes:
 - En el horario de las 6:00 am tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 94.76 %
 - En el horario de las 12:00 pm tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 65.73 %
 - En el horario de las 18:00 pm tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 79.59 %

El promedio del coeficiente de uniformidad para el sector de Staff es de 80.03%, aproximándose a lo indicado por Christiansen, resultado que refleja una correcta aplicación y distribución del agua en el área bajo riego.

4. SECTOR LA PONDEROSA-HUAMBO

1. La altura de los elevadores es de 0.70 m de longitud de PVC y de soporte cuentan con una varilla de metal de 1.0 m. En el proyecto se consideró una presión nominal de 1.5 bar, y el resultado de las evaluaciones de campo tiene una presión promedio de 1.52 bar. La descarga nominal considerada en el estudio fue de 510 l/h y la evaluada en campo es de 532 l/h. Los aspersores NAANDANJAIN 5022 SD-U son de baja pluviometría, con un diámetro de boquillas de 2.8 mm x 1.8 mm. En el diseño se consideró aspersores con la misma descripción.
2. La temperatura máxima promedio es de 10.8 °C y la mínima de 8.10 °C, registrándose las más bajas a las 6:00 horas con 3.7 °C. La humedad relativa promedio es de 50.3 %, con valores máximos a las 6:00 horas con 51.2 %. Los vientos alisios tienen una predominancia N con valores máximos de 5.87 m/s a las 12.00 horas.
3. Los valores del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen, estudiados a lo largo del día, son los siguientes:
 - En el horario de las 6:00 am tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 62.61 %
 - En el horario de las 12:00 pm tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 56.66 %
 - En el horario de las 18:00 pm tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 64.86 %

El promedio del coeficiente de uniformidad para el sector de La Ponderosa es de 61.38 %

4. SECTOR CHIPICPITA-HUAMBO

1. La altura del elevador es de 0.70 m de material PVC, C-10; son estabilizados por un soporte de metal con accesorios de sujeción. En el proyecto se consideró una presión nominal de 3.16 bar, y el resultado de las evaluaciones de campo tiene una presión promedio de 3.04 bar. La descarga nominal considerada en el estudio fue de 870 l/h y la evaluada en campo es de 862 l/h. Según el proyecto se consideró los aspersores de impacto de material plástico, $\frac{3}{4}$ " rosca macho, boquilla de bronce de 3.57 mm, en el campo emplean aspersores RC-235/2 con dos boquillas, 4.0 x 2.4 mm.
2. La temperatura máxima promedio es de 9.7 °C y la mínima de 8.6 °C, registrándose las más bajas a las 6:00 horas con 3.7°C. La humedad relativa promedio es de 44.7 %, con valores máximos a las 6:00 horas con 46.2 %. Los vientos alisios tienen una predominancia NW con valores máximos de 5.23 m/s a las 12.00 horas.
3. Los valores del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen, estudiados a lo largo del día, son los siguientes:
 - En el horario de las 6:00 am tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 47.49 %
 - En el horario de las 12:00 pm tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 47.25 %
 - En el horario de las 18:00 pm tiene un valor del coeficiente de uniformidad de 51.70 %

El promedio del coeficiente de uniformidad para el sector de Chipicpita es de 48.91%

ANÁLISIS DE CORRELACIÓN PARA EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE CHRISTIANSEN Y LAS VARIABLES: VELOCIDAD DE VIENTO Y PRESIÓN

Para las variables estudiadas concluimos que el Coeficiente de Christiansen y la velocidad de viento tienen una correlación positiva muy alta R^2 0.9394 y el Coeficiente de Correlación para el Coeficiente de Christiansen y la Presión es una correlación positiva moderada R^2 0.6413.

CAPITULO VII

RECOMENDACIONES

- a) Orientar a los usuarios que respeten la programación de riego para que no usen agua en turnos que no les corresponde, para evitar la baja de presión en el sistema.
- b) Verificar y revisar periódicamente las presiones en los aspersores para que no afecte el diseño y asegurar una óptima uniformidad de riego; pues una insuficiencia o excesiva presión, el aspersor suele dejar de funcionar o hacerlo en forma defectuosa. En caso de presión insuficiente, el aspersor girará lentamente, distribuyendo el agua en círculos concéntricos en aspersores con dos boquillas. Una excesiva presión origina una extrema fragmentación del chorro de agua y las gotas es llevada por vientos leves.
- c) Tener en cuenta que en Riego por Aspersión, de 0 a 0.7 m/s es viento nulo, de 0.7 a 2.5 m/s es ligero, de 2.5 a 3.5 m/s fuerte y más de 3.5 m/s viento muy fuerte y que debe regarse hasta una velocidad máxima de 2.5 m/s. Dados los resultados se recomienda no regar al medio día, donde las velocidad promedio es 5.42 m/s y no se obtienen valores de uniformidad óptimos.
- e) Capacitar al usuario en temas de operación del sistema de riego, sobre todo en temas de viento y presión, así optimizar la uniformidad del riego; el Usuario debe tener un completo conocimiento del mecanismo del aspersor, con el objeto de poder realizar los trabajos de reparación y mantenimiento.

CAPITULO VIII

BIBLIOGRAFÍA

1. **CASTAÑÓN, G.**1991. Riego por aspersión. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa, Madrid. 117p.
2. **CONGRESO NACIONAL DE RIEGO PRESURIZADO Y EXPOSICIÓN DE EQUIPOS A PRESIÓN.** 2000. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad en el Riego por Aspersión en la Irrigación Majes (Arequipa).. Lima.
3. **CRISÓSTOMO, C.** 1998. Sistemas de impulsión. Comisión Nacional de Riegos. Universidad de Concepción. Chile. www.chileriego.cl
4. **DEL CARPIO, L.**2001. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de aplicación en el riego por aspersión en el Asentamiento No. 5 de la Irrigación San Camilo – La Joya. Tesis de Grado UCSM. Arequipa
5. **DIAZ, A.** Evaluación de la Uniformidad de aplicación en el riego por aspersión en la Sección “C” de la Irrigación Majes. Tesis de Grado UCSM. Arequipa.
6. **ELJANANI, S.,** 1974. Riego por Aspersión. Servicio de campo, División de riego de la Agencia Judía. Israel.
7. **FUENTES, J.** 1996. Técnicas del riego. Segunda edición. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa.
8. **GUROVICH, L.** 1999 “Riego Superficial Tecnificado” 2ª edición Alfa omega, impreso en México. Universidad Católica de Chile (edición original en Chile).
9. **GUTIERREZ, D.** 1996. Evaluación de la Uniformidad de aplicación en el riego por aspersión en la Sección “A” de la Irrigación Majes. Tesis de Grado UCSM. Arequipa.
10. **GRASSI, C.,** 1995. Principios de Riego por Aspersión. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. Mérida, Venezuela

11. **HARGREAVES G. M.** 1978. Clima y Agricultura. Comité Regional de Recursos Hidráulicos. Gobierno de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua, Publicación N° 145.
12. **HENDRIKS J.** 1994. "Manual de Riego por Bombeo". Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV), Lima – Perú.
13. **ISRAELSEN O. y HANSEN V. E.** 1975 "Principios y Aplicaciones de Riego" Editorial Reverte S.A. Segunda Edición - España.
14. **LÓPEZ, J.** 1998. Evaluación de la Uniformidad de aplicación en el riego por aspersión en los Asentamientos E-1, E-2, y E3 de la Sección "E" de la Irrigación Majes. Tesis de Grado UCSM. Arequipa.
15. **LUQUE, A.** 1969. Manual de Operación de Riego. Ed. Reverté S.A. Mexico.
16. **LLERENA, E.** 1998. Evaluación del Coeficiente de Uniformidad de aplicación en el riego por aspersión Asentamiento No. 6 y No. 7, de la Irrigación San Camilo – La Joya. Tesis de Grado UCSM. Arequipa
17. **MACHUCA L.** 1990 "Instalación, Operación y Evaluación del Sistema de Riego por Aspersión en el Plan Piloto San Marcos – Cajamarca". Tesis UNALM.
18. **MEDINA J. A.** 1993. "Riego por Goteo". Ediciones Mundi – Prensa, Madrid – España.
19. **MEDRANO Y FLEXAS,** 2000., Descubrir el potencial del agua para la agricultura. Lima.
20. **MINAGRI,** 2015. Programa Sub Sectorial de Irrigaciones. The World Bank. Instalación de un Sistema de Riego Tecnificado por Aspersión para el Grupo de Gestión Empresarial Riego Tecnificado Abrampampa, Distrito de Huambo, Provincia de Caylloma. Arequipa.
21. **MINAGRI,** 2015. Programa Sub Sectorial de Irrigaciones. The World Bank. Instalación de un Sistema de Riego Tecnificado por Aspersión para el Grupo de Gestión Empresarial Riego Tecnificado Staff, Distrito de Huambo, Provincia de Caylloma. Arequipa.
22. **MINAGRI,** 2013. Programa Sub Sectorial de Irrigaciones. The World Bank. Instalación de un Sistema de Riego Tecnificado por Aspersión para el Grupo de Gestión Empresarial Riego Tecnificado La Ponderosa, Distrito de Huambo, Provincia de Caylloma. Arequipa.
23. **MINAGRI,** 2013. Programa Sub Sectorial de Irrigaciones. The World Bank. Instalación de un Sistema de Riego Tecnificado por Aspersión para el

Grupo de Gestión Empresarial Riego Tecnificado Chipicpita, Distrito de Huambo, Provincia de Caylloma. Arequipa.

24. **PAIR, C.** 1977. Sprinkler Irrigation. Library of Congress Catalog Card No.75-24934.
25. **PAREDES, F.**, 1997. Evaluación de la Uniformidad de aplicación en el riego por Aspersión en la Sección “B” de la Irrigación Majes. Tesis de Grado UCSM. Arequipa.
26. **PINTO, J.**, 1997. Sistemas de Riego presurizado. Consultor. Programa de Extensión en Riego y Asistencia Técnica. PERAT. Arequipa.
27. **PINTO, J.**, 2000. Curso de Riego por Aspersión. Consultor. PRONAMACHS – Puno.
28. **PIZARRO, F.**, 1996. Riegos Localizados de alta frecuencia (RLAF). Goteo, microaspersión, exudación. Ediciones Mundi Prensa. México.
29. **SANTOS, L.** 2010. El Riego y sus Tecnologías. Instituto Superior de Agronomía. Universidad Técnica de Lisboa. Portugal.
30. **VALDIVIA, P.** 1998. Evaluación de la Uniformidad de aplicación en el riego por aspersión en la Sección “D” de la Irrigación Majes. Tesis de Grado UCSM. Arequipa.
31. **VALDIVIA, L.** 1977. Evaluación de la Uniformidad de Aplicación en el Riego por Aspersión en La Joya. Arequipa. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Universidad nacional Agraria La Molina. Lima.

DOCUMENTOS ELECTRÓNICOS

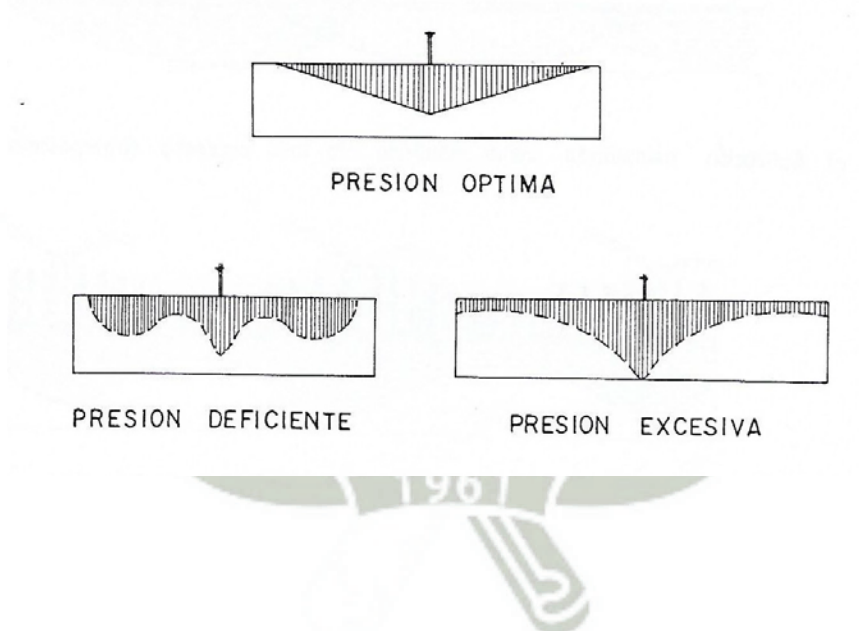
1. Catálogos técnicos empresa NaanDan, “Cobertura total, Aspersores Naan serie 500”, (en línea), disponibles en www.naandan.com. Consultado el 10 de noviembre del 2015.
2. Catálogos técnicos NaanDan, “DAN IS QUALITI, DAN SPRINKLERS irrigation equipment”, (en línea), disponibles en www.naandan.com. Consultado el 10 de noviembre del 2015.
3. Catálogos técnicos empresa NaanDan, “SuperMankad, mini aspersor accionado a bola” (en línea), disponibles en www.naandan.com. Consultado el 10 de noviembre del 2015.
4. Catálogo técnico RAESA, “Riego por aspersión”, (en línea), disponible en www.raesa.com. Consultado el 15 de noviembre del 2015.
5. Catálogos técnicos Duratec-Vinilit, “Riego Cobertura Total por aspersión”, (en

línea), disponible en www.duratec.cl. Consultado el 10 de noviembre del 2015

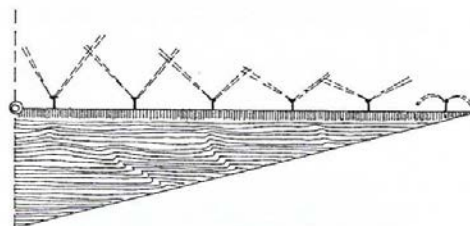
6. Catálogos técnicos Duratec-Vinilit, “Riego Cobertura Total por mini aspersion”, (en línea), disponible en www.duratec.cl. Consultado el 10 de noviembre del 2015.
7. Catálogos técnicos empresa Duratec-Vinilit, “Tuberías y fittings de polietileno” (en línea), disponibles en www.duratec.cl. Consultado el 10 de noviembre del 2015.



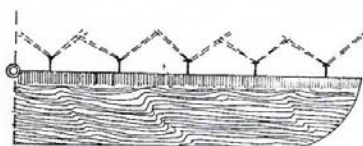
ANEXO 01. Modelo de aplicación de un aspersor en función a la presión, extraído de la Tesis: **VALDIVIA, L.** 1977. Evaluación de la Uniformidad de Aplicación en el Riego por Aspersión en La Joya. Arequipa. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Universidad nacional Agraria La Molina. Lima.



ANEXO 02. Modelo de aplicación de las líneas de aspersores en función a la presión, extraído de la Tesis: **VALDIVIA, L.** 1977. Evaluación de la Uniformidad de Aplicación en el Riego por Aspersión en La Joya. Arequipa. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Universidad nacional Agraria La Molina. Lima.



PERDIDA EXCESIVA DE PRESION

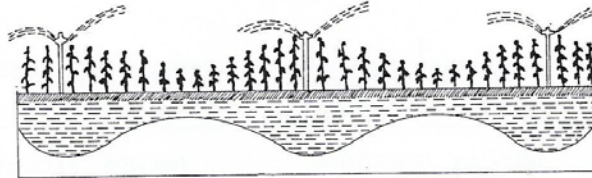


CONDICIONES OPTIMAS DE PRESION

ANEXO 03. Superposición y espaciamiento de aspersores y línea de aspersores, extraído de la Tesis: **VALDIVIA, L.** 1977. Evaluación de la Uniformidad de Aplicación en el Riego por Aspersión en La Joya. Arequipa. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Universidad nacional Agraria La Molina. Lima.



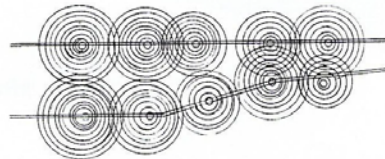
Aplicación acumulada como resultado de una correcta superposición.



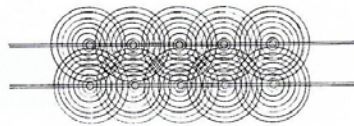
Espaciamiento exagerado determina una deficiente uniformidad de aplicación.



Escorrimento y erosión como resultado de un espaciamiento demasiado próximo.



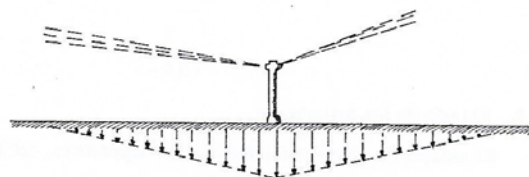
Aspersores dispersados en forma dispereja y la línea de aspersores no son paralelas.



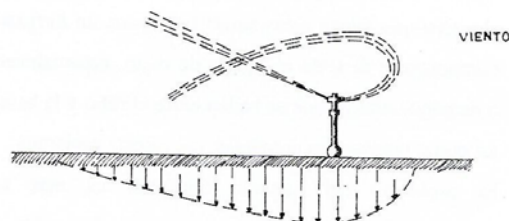
Espaciamiento de aspersores correcto y las líneas de aspersores están paralelas.

SUPERPOSICION Y ESPACIAMIENTO DE ASPERSORES Y LINEAS DE ASPERSORES

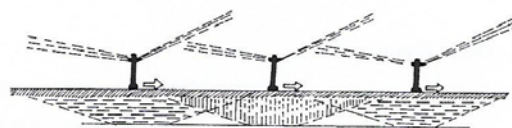
ANEXO 04. Modelos de aplicación en condiciones de vientos variables, extraído de la Tesis: **VALDIVIA, L.** 1977. Evaluación de la Uniformidad de Aplicación en el Riego por Aspersión en La Joya. Arequipa. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Universidad nacional Agraria La Molina. Lima.



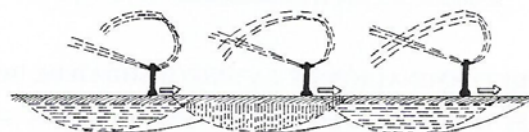
Perfil de aplicación de una línea lateral funcionando en condiciones de ausencia de viento .



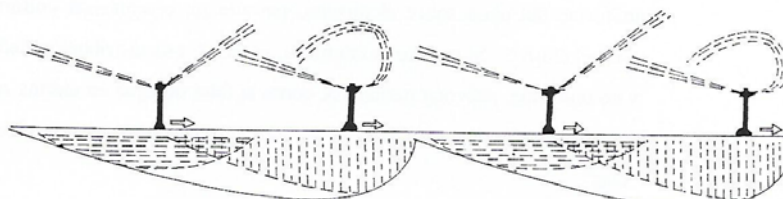
Perfil de aplicación de una línea lateral funcionando en condiciones de viento.



Perfil de aplicación de líneas laterales superpuestas en condiciones de ausencia de viento



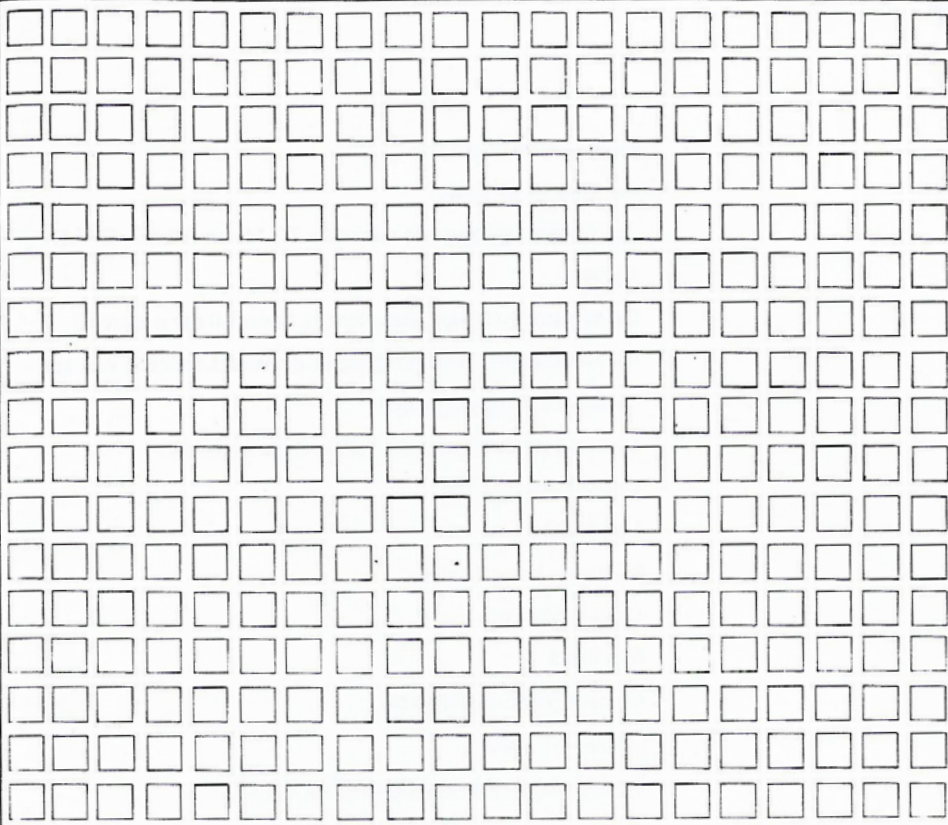
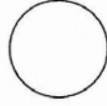
Perfil de aplicación de líneas laterales superpuestas funcionando en condiciones iguales o similares de viento. Aplicación uniforme.



Perfil de aplicación de líneas laterales superpuestas funcionando en condiciones de viento variable. Uniformidad de aplicación deficiente.

MODELOS DE APLICACION EN CONDICIONES DE VIENTO VARIABLE

ANEXO 05. Modelo de Formulario empleado en las evaluaciones, extraído de la Tesis: **VALDIVIA, L.** 1977. Evaluación de la Uniformidad de Aplicación en el Riego por Aspersión en La Joya. Arequipa. Tesis de grado para optar el Título de Ingeniero Agrícola. Universidad nacional Agraria La Molina. Lima.

																			
Ensayo N°					Presion					: metros									
Fecha del ensayo					Descarga del Aspersor					: m ³ /h									
Inicio del ensayo					: hora					Velocidad del rot. del aspersor					: rev/min				
Duracion del ensayo					: minuto					Altura del elevador					: cm				
Velocidad del viento					: m/seg					Espaciamento de los envases					: m/m				
Limite de velocidad del viento					: m/seg														
Temperatura					: C°														
Humedad relativa					: %														
RESULTADOS DEL ENSAYO																			
metro x metro			mm / hoca			Cu - %			Observacion			Direc. del viento norte							
Espaciamento			Precipitacion			Coef. de uniform.													
Dibujo :					Lugar del ensayo :														
					Metodo del ensayo :														

ANEXO 06. Características del Aspersor VYR Modelo 36

BAJO CAUDAL

38

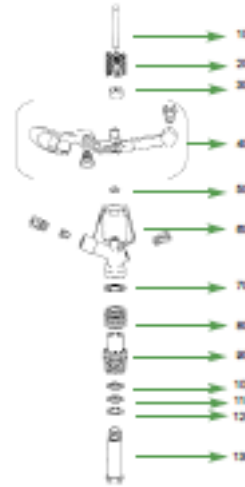
VYR-36

Desplece y tablas

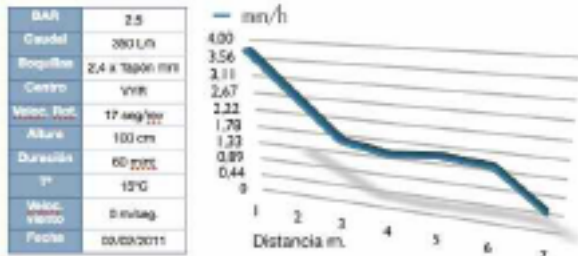
TABLA DE RENDIMIENTOS A MARCOS MÁS COMUNES

BOQUILLA	P (Bar)	Ø (P)	D (Ø)	Espaciamiento (m) / Precipitación (mm/h)					
				12x12 Rect.	12x15 Rect.	15x15 Rect.	15x18 Triang.	18x18 Triang.	18x24 Rect.
3.6 X 2.4 mm	3	1208	13	8.5	6.8	5.4	5.0	3.7	3.8
	3.5	1324	14	8.2	7.4	5.9	5.4	4.0	4.1
	4	1418	14	8.8	7.8	6.2	5.8	4.2	4.4
4.0 X 2.4 mm	3	1408	14	8.8	7.8	6.2	5.8	4.3	4.4
	3.5	1542	14	10.7	8.8	6.8	6.3	4.7	4.8
	4	1818	15	11.4	8.1	7.2	6.8	5.0	5.1
4.8 X 3.2 mm	3	2100	15	10.1	10.1	8.7	8.0	6.8	6.7
	3.5	2304	15	16.3	10.1	10.8	9.7	7.1	7.3
	4	2817	16	17.8	14.0	11.0	10.3	7.8	7.9

Caudal 0.1% 0.48% 0.88% 0.96% 0.86%



EJEMPLO DE TEST DE UNIFORMIDAD



ASPERORES AGRICOLAS

Boquillas

BOQUILLA	3.6"		3.02"		1.184"		3.18"		1.384"		7.02"	
	3.57 mm		3.02 mm		4.38 mm		4.75 mm		5.15 mm		5.55 mm	
RAZ	L.S.	Ø m/h	L.S.	Ø m/h	L.S.	Ø m/h	L.S.	Ø m/h	L.S.	Ø m/h	L.S.	Ø m/h
1.75	880	25.20	800	27.80	850	28.40	1.140	30	1.340	30.80	1.550	31.20
2.10	720	27	870	28.40	1.050	30	1.250	30.80	1.480	31.40	1.720	32
2.45	770	27.80	940	28.40	1.140	30.80	1.350	31.20	1.610	32	1.860	33
3.15	870	28.40	1.070	30.20	1.230	31.40	1.550	32.40	1.830	33.20	2.140	34.80
3.51	920	28.80	1.190	30.80	1.350	31.80	1.650	32.80	1.930	33.80	2.240	35.80
4.21	980	29.40	1.290	31.20	1.440	32.40	1.750	33.20	2.040	34.80	2.470	36.80



- Las zonas sombreadas no son recomendables para una distribución óptima.
- Los aspersores se suministran con tuberías estándar si no se especifica nada en contra.
- Para calcular el caudal, sumar el de las dos boquillas. Si el caudal de la boquilla posterior deberá ser inferior a la boquilla principal.



37

VYRSA



VYR-36
Agrícolas circulares

Características generales:

- Aspersor de impacto agrícola de medio caudal.
- Conexión macho ó hembra de 3/4".
- Fabricado en plástico y acero inox.
- Juntas de rotación de alta resistencia.
- Angulos de las boquillas de 25° y 25°.
- Utilizado en riegos de cobertura con los espaciamientos más standar del mercado.
- Diseño curvo de los ángulos internos del cuerpo para evitar turbulencias hidráulicas internas y un mayor alcance.
- Contrapesos de bola de acero inox insertados en la pala.
- Aspersor plástico líder en el mercado agrícola.

Especificaciones técnicas:

- Alcance: 13-18 m.
- Caudal: 660- 3270 l/h.
- Presión de trabajo: 1,75 - 4,5 BAR.
- Sector: Circular.
- Boquillas: Dos boquillas, una principal y otra secundaria deflectora ó tapón.
- Angulos de trayectoria: 25° y 25°.
- Altura máxima de chorro: 2,4 m.
- Tiempo de rotación: Dependiendo de la presión y boquillas es uniforme y continuo.
- Coeficiente de Uniformidad superior al 90% en marcos de 16x16R, 18x18T, 17x18T.

Aplicaciones:

- Este modelo es adaptable a practicamente cualquier tipo de cultivo y cumple con un rango de condiciones pluviométricas y espaciamientos que se adaptan a un gran número de diferentes tipos de cultivo.
- Plantaciones hórtícolas, cereales, tuberculosas, leguminosas, y frutales.

Dimensiones:

- Altura: 14 cm.
- Ancho: 17 cm.
- Peso: 178 grs.
- Unidades por caja: 100.

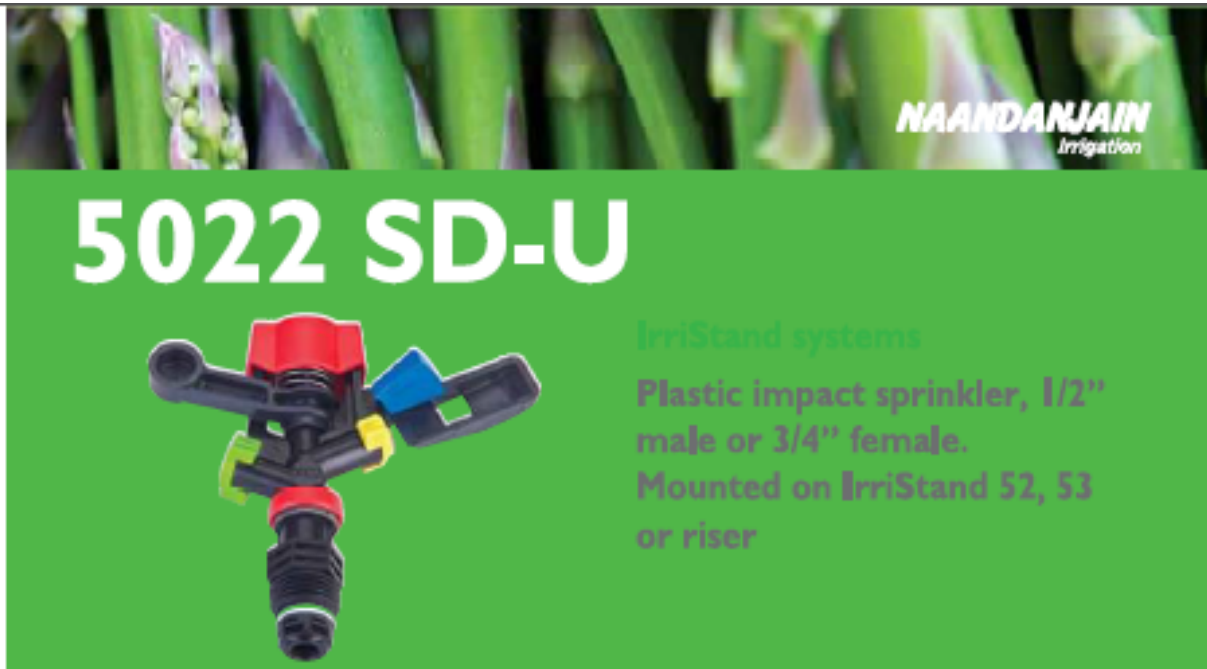
Opciones:

- Modelos con capucha anti-helada con conexión macho ó hembra.
- Boquillas de latón o plástico dependiendo de las especificaciones técnicas del cliente.
- Boquilla secundaria con ranura deflectora ó tapón.
- Montaje sobre regulador de presión para la autocompensación de la presión y caudal.

Modelos:

- Réf. 003600: Macho.
- Réf. 003602: Hembra.
- Réf. 003620: Macho anti-helada.
- Réf. 003622: Hembra anti-helada.

ASPERORES AGRICOLAS



5022 SD-U



IrriStand systems

Plastic impact sprinkler, 1/2" male or 3/4" female.

Mounted on IrriStand 52, 53 or riser

Applications: irrigation and germination of vegetables, flowers and nursery crops

- Unique hammer-sprinkler SD (super-diffuser) design for extrarange coverage
- SD - Designed for an optimal performance and stream shape for low pressures. A unique answer to the late diffuser screw.
- High distribution uniformity, up to 12m
- Higher resistance to wind
- Designed for short irrigation cycles for germination
- Color-coded bayonet nozzles for easy service
- High impact, heavy-duty plastic materials for resistance to corrosion, chemicals and radiation



5022 SD-U PERFORMANCE TABLE, Dual nozzle, Short SD
Precipitation rates (mm/hr) and uniformity (CU) at various spacing

Nozzle Color (mm)	P (bar)	Q (m ³ /h)	D (m)	Spacing (m)				
				5x5	5x10	10x10	10x12	12x12
2.5x11 Purple	1.5	0.418	1.6	5.7	4.9	4.2	3.7	3.2
	2.0	0.488	1.9	6.5	5.2	4.8	4.0	3.3
	2.5	0.535	21.8	6.6	5.2	5.1	4.3	3.7
	3.0	0.595	21.5	7.1	6.6	5.2	4.9	4.2
	3.5	0.635	22.0	7.8	7.1	6.4	5.3	4.6
4.0	0.685	21.5	8.6	7.6	6.2	5.7	4.8	
F.R.	30-50	0.590	21.8	7.3	6.5	5.8	4.9	4.2
2.8x11 Orange	1.5	0.180	1.6	6.3	5.7	5.1	4.3	3.5
	2.0	0.438	20.8	6.2	6.3	5.6	4.7	3.9
	2.5	0.498	21.5	7.8	7.1	6.4	5.3	4.6
	3.0	0.718	22.8	8.0	7.7	6.8	5.8	4.8
	3.5	0.828	22.8	9.2	8.3	7.5	6.3	5.2
4.0	0.880	23.5	9.5	8.9	8.0	6.7	5.6	

Riser nozzle 11" = Light Green

Color-codes - Distribution uniformity: CU < 85% CU 85-90% CU 90-95% CU > 95%

© NAANDANJAIN

ANEXO 07. Características del Aspersor NAANDANJAIM Modelo 5022 SD

ANEXO 08. Características del Aspersor RC – 235/2



ASPERSOR RC 235 ¼" SECTORIAL

Aspersor plástico de círculo completo y por sectores, con doble boquilla. Apto para bajos y medios caudales. Uso en jardines, riego de hortalizas y praderas, forrajeras o cultivos en sistemas de riego fijos o móviles.

R= radio de riego en metros
 m³/h= caudal en metros cúbicos por hora
 m²= superficie en metros cuadrados
 mm= Pluviometría en milímetros por hora



Una boquilla

Kg/cm ²	4 5/ 32"					4.4 11/64"				4.8 3/16"				5.2 13/64"				5.6 7/32"								
	R(m)	M ³ /h	m ²	mm		R(m)	M ³ /h	m ²	mm		R(m)	M ³ /h	m ²	mm		R(m)	M ³ /h	m ²	mm		R(m)	M ³ /h	m ²	mm		
2.0	12,3	0,86	475	1,81	13,0	1,03	531	1,94	13,2	1,22	547	2,23	13,4	1,44	564	2,55	14,0	1,67	616	2,71						
2.5	12,8	0,98	515	1,90	13,1	1,18	539	2,19	13,4	1,4	564	2,48	13,7	1,65	590	2,80	14,0	1,91	616	3,10						
3.0	13,4	1,08	564	1,91	13,7	1,29	590	2,19	14,0	1,55	616	2,52	14,3	1,82	642	2,83	14,6	2,11	670	3,15						
3.5	13,8	1,16	598	1,94	14,0	1,39	616	2,26	14,3	1,67	642	2,60	14,6	1,96	670	2,93	14,9	2,28	697	3,27						
4.0	14,0	1,23	616	2,00	14,3	1,4	642	2,18	14,6	1,7	670	2,54	14,9	2,09	697	3,00	15,2	2,42	726	3,33						
4.5	14,0	1,3	616	2,11	14,3	1,55	642	2,41	14,6	1,87	670	2,79	15,0	2,2	707	3,11	15,2	2,55	726	3,51						

Doble boquilla

Kg/cm ²	4x2.4mm 5/ 32"x3/32"					4.4x2.4mm 11/64"x3/32"				4.8x2.4mm 3/16"x3/32"				4.8x3.2mm 3/16"x1/8"				5.2x3.2mm 13/64"x1/8"								
	R(m)	M ³ /h	m ²	mm		R(m)	M ³ /h	m ²	mm		R(m)	M ³ /h	m ²	mm		R(m)	M ³ /h	m ²	mm		R(m)	M ³ /h	m ²	mm		
2.0	12,3	1,18	475	2,48	13,0	1,36	531	2,56	13,2	1,55	547	2,83	13,4	1,82	564	3,23	14,0	2,02	616	3,28						
2.5	12,8	1,34	515	2,60	13,1	1,54	539	2,86	13,4	1,76	564	3,12	13,7	2,07	590	3,51	14,0	2,32	616	3,77						
3.0	13,4	1,47	564	2,61	13,7	1,69	590	2,86	14,0	1,94	616	3,15	14,3	2,27	642	3,54	14,6	2,57	670	3,84						
3.5	13,8	1,59	598	2,66	14,0	1,82	616	2,95	14,3	2,09	642	3,26	14,6	2,45	670	3,66	14,9	2,78	697	3,99						
4.0	14,0	1,68	616	2,73	14,3	1,93	642	3,01	14,6	2,22	670	3,31	14,9	2,6	697	3,73	15,2	2,96	726	4,08						
4.5	14,0	1,77	616	2,87	14,3	2,03	642	3,16	14,6	2,33	670	3,48	15,0	2,73	707	3,86	15,2	3,12	726	4,30						

Aspersor estándar: doble boquilla de 4.4 x 2.4 mm



ELIODORO YAÑEZ 1812, FON0 2-2049000 FAX 2-2045868, SANTIAGO, CHILE
 ventas@aitec.cl - www.aitec.cl

