

TABLA DE CONTENIDOS

	página
Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Tabla de Contenidos	III
índice de Figuras	VI
índice de Tablas	VIII
Resumen	IX
1. Introducción	10
1.1. Descripción de la propuesta	10
1.1.1. Contexto del proyecto	10
1.1.2. Trabajo relacionado	11
1.1.3. Definición del problema	11
1.1.4. Propuesta de solución	12
1.2. Hipótesis	13
1.3. Objetivos	13
1.4. Alcances	13
1.5. Metodología	14
2. Marco teórico	15
2.1. Programación del riego	15
2.1.1. Textura del suelo	16
2.1.2. Como regar los suelos	17
2.2. Problemas identificados	18
2.3. Información disponible	19
2.4. Sistema basado en reglas	19
2.4.1. Modus Ponens	22
2.4.2. Estrategias de inferencia	22

2.5.	Servicios web meteorológicos	23
2.5.1.	¿Qué es un servicio web?	23
2.5.2.	Wunderground	24
2.6.	Trabajos relacionados	25
2.6.1.	Cultivar	25
2.6.2.	Rachio IRO	26
2.6.3.	Rain Bird	27
2.6.4.	Tabla comparativa	27
2.7.	Hardware	28
2.7.1.	Raspberry pi	28
2.7.2.	Arduino	29
2.7.3.	Servidor de base de datos	29
2.7.4.	Servidor web	30
2.7.5.	Sensores de humedad	30
2.7.6.	Sensor de flujo de agua	31
2.7.7.	Relé	32
2.7.8.	Válvula solenoide	33
2.7.9.	GPS	33
2.7.10.	Módem 3G	34
2.7.11.	Cargador	35
2.7.12.	Costo componentes	35
2.8.	Software	36
2.8.1.	Raspbian	36
2.8.2.	Python	36
3.	Desarrollo	38
3.1.	Hardware	38
3.1.1.	Arduino	38
3.1.2.	Raspberry Pi	41
3.1.3.	GPS	43
3.2.	Software	45
3.2.1.	Información meteorológica	45
3.2.2.	Modelo de riego	46
3.2.3.	Servicio web de suelo	49

3.2.4. Envío y consulta de datos, humedad y agua utilizada	51
3.2.5. Aplicación web	54
4. Pruebas	56
4.1. Sensor de caudal	56
4.2. Sensor de humedad	57
4.3. Detección de suelo	58
4.4. Pronóstico del clima	60
5. Conclusión	62
6. Trabajo futuro	64
Glosario	65
Bibliografía	66
Anexos	
A: Trabajo realizado en Fundación para la Innovación Agraria (FIA)	69
B: Código fuente	75
B.1. gps.py	75
B.2. riego.py	77
B.3. clima.py	79
B.4. servicio.py	80

ÍNDICE DE FIGURAS

	página
2.1. Como y cuando regar	15
2.2. Permeabilidad según textura del suelo	17
2.3. Variación en la infiltración por textura del suelo	18
2.4. Objetos y posibles valores para el ejemplo del cajero automático . . .	20
2.5. Ejemplos de reglas para sacar dinero de un cajero automático	21
2.6. Arquitectura servicio web	23
2.7. Comparación servicio meteorológico de Google v/s Wunderground pa- ra la localidad rural de Corcolén	25
2.8. Tabla Comparativa	28
2.9. Raspberry Pi modelo B+	29
2.10. Arduino	29
2.11. Sensor de humedad	31
2.12. Sensor de flujo de agua	32
2.13. Relé de estado sólido	33
2.14. Válvula solenoide	33
2.15. Módulo GPS USB	34
2.16. Módem 3G	34
2.17. Cargador	35
2.18. GPIO Raspberry Pi	37
2.19. Pines GPIO	37
3.1. Conexión sensores en Arduino	40
3.2. Arduino en Raspberry Pi	41
3.3. Comunicación Raspberry Pi Arduino	42
3.4. Recepción de datos desde Arduino en Raspberry Pi	43
3.5. GPS en Raspberry Pi, /dev/ttyUSB1	44
3.6. Datos GPS	45
3.7. Respuesta del servicio wunderground al hacer una consulta	46
3.8. Árbol reglas modelo de riego	49
3.9. Registro almacenado en la base de datos	50
3.10. Registros almacenados en la base de datos	53

3.11. Humedad del suelo en tiempo real	54
3.12. Consumo de agua mensual	55
4.1. Mapa de suelo	59
4.2. Resultado consulta Suelo 1	59
4.3. Resultado consulta Suelo 2	59
4.4. Resultado consulta Suelo 3	60
4.5. Clima Punta Arenas wunderground	60
4.6. Clima Punta Arenas servicio web	61
4.7. Clima Corcolén wunderground	61
4.8. Clima Corcolén servicio web	61
A.1. Exterior tríptico realizado en FIA	70
A.2. Interior tríptico realizado en FIA	71
A.3. Resumen ejecutivo	72
A.4. Presentación parte 1	73
A.5. Presentación parte 2	74

ÍNDICE DE TABLAS

	página
2.1. Tabla de precios	35
3.1. Objetos y posibles valores para determinar un riego	47
3.2. Variables predefinidas para la reglas del modelo	47
3.3. Reglas modelo, cuándo y cómo regar	48