



**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

TESIS

**AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO PARA
OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS DE HORTALIZAS**

PRESENTADO POR

**CAPCHA YUPARI, HUMBERTO MIGUEL
MUÑOZ SALAS, NORA SUSANA**

ASESOR

LAPA ASTO, ULISES SEMILIS

Los Olivos, 2017



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
CONTROL DE RIEGO PARA OPTIMIZAR LA
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS DE HORTALIZAS**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO DE SISTEMAS E INFORMÁTICA**

PRESENTADA POR

**CAPCHA YUPARI, HUMBERTO MIGUEL
MUÑOZ SALAS, NORA SUSANA**

ASESOR:

LAPA ASTO, ULISES SEMILIS

LIMA – PERÚ

2017

SUSTENTADO Y APROBADO POR LOS SIGUIENTES JURADOS:

JURADO 1
ANDRADE ARENAS,
LABERIANO MATÍAS
PRESIDENTE

JURADO 2
MELGAREJO SOLÍS,
RONALD ALFONSO
SECRETARIO

JURADO 3
GUEVARA JIMÉNEZ,
JORGE ALFREDO
VOCAL

ASESOR
LAPA ASTO,
ULISES SEMILIS

Dedicatoria

Esta tesis lo dedicamos a Dios, por darnos la oportunidad de vivir, estar con nosotros cada día de nuestra vida, por darnos fortaleza a nuestro corazón e iluminar nuestro camino. A aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, sus esfuerzos son invaluable.

Agradecimiento

A nuestros padres que se preocuparon día a día por nuestro bienestar, por la confianza que depositaron en nosotros para ser cada momento de nuestras vidas mejores personas para la sociedad, gracias por querernos y amarnos tanto.

Resumen

Este trabajo está destinado a ser aplicado en el negocio de la industria agrícola. El objetivo es optimizar el rendimiento y maximizar los beneficios de los agricultores, en este caso, en los cultivos de hortaliza. La metodología que se utilizó para el desarrollo de esta solución fue orientada y analizada en las prácticas tradicionales de los agricultores del valle Chillón. Para el desarrollo se utilizó *hardware* libre para poder obtener información mediante los sensores inalámbricos y enviarlos mediante las redes móviles u otra arquitectura de red. Estos sensores obtienen el tiempo atmosférico y las condiciones de humedad de la tierra en las parcelas agrarias, transmitiéndolas a una aplicación *web*, que decidirá, de acuerdo a los niveles recolectados y configuraciones previas de un usuario, encender o apagar actuadores como bombas de agua para el riego. De esta manera se logró la automatización para que las plantas crezcan de manera óptima. Gracias a que contamos con un campo de acción para la investigación, se pudo recopilar la información necesaria e implementar este proyecto.

Palabras claves: automatización, sistema de control, riego, hortalizas, optimizar, producción

Abstract

This research is destined to be applied in the business of farming industry. The objective is to optimize and maximize the farmer's benefits, in this case, in green vegetable crops. The methodology that was applied to the development of this solution was oriented and analyzed in the traditional practices of the farmers of Chillón Valley. Free *hardware* was used for the development to obtain the information through the wireless sensors and send them through the mobiles networks or other network architecture. These sensors get the atmospheric time and the humidity conditions of the soil in the agrarian plot transmitting them to a *web* application that will decide according to the collected levels and previous configurations of a user, to switch on or to switch off actuators like water pumps for the irrigation. In this way, it was got the automation so that the plants grow in an optimal manner. Thanks to we have an action camp for the investigation, it could be compiled the needed information and implement this project.

Key words: automation, control system, irrigation, green vegetables, optimize, production.

Contenido

Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Listado de figuras	x
Lista de tablas	xvii
Introducción.....	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.1.1 Planteamiento y descripción del problema	4
1.1.2 Formulación del problema general	4
1.1.3 Formulación de los problemas específicos.....	4
1.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivo específico	5
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.3.1 Justificación técnica.....	5
1.3.2 Justificación económica.....	6
1.3.3 Justificación social.....	6
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.4.1 Alcances.....	7
1.4.2 Limitaciones	8
CAPITULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO	9
2.1 ANTECEDENTES.....	10
2.1.1 Internacionales	10
2.1.2 Nacionales.....	12
2.2 MARCO TEÓRICO	14
2.2.1 Diseño del sistema de monitoreo y control.....	14
2.2.2 Funciones del controlador	14
2.2.3 Descripción del tensiómetro	16
2.2.4 Tecnologías inalámbricas	19
2.2.5 Descripción del controlador de riego	20

2.2.6	Sistema para el control de irrigación y manejo de abastecimientos de agua de riego <i>Open Field</i>	30
2.2.7	Hardware libre	32
2.2.8	Sensores	46
2.3	MARCO METODOLÓGICO	53
2.3.1	Tipo de investigación.....	53
2.3.2	Metodología de la investigación	53
2.4	MARCO LEGAL	65
2.5	ARQUITECTURA DEL SISTEMA	66
2.5.1	Arquitectura de los prototipos con Arduino.....	66
2.5.2	Arquitectura cliente / servidor	72
CAPITULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN		79
3.1	MODELAMIENTO DE NEGOCIO	80
3.1.1	Modelo de negocio	80
3.1.2	Modelo del sistema.....	89
3.2	DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.....	113
3.2.1	Requerimientos funcionales	113
3.2.2	Requerimientos no funcionales	113
3.3	DESARROLLO	115
3.3.1	Diseño e implementación de la base de datos	115
3.3.2	Diseño de la interfaz del sistema.....	117
3.4	APLICACIÓN	149
3.4.1	PROGRAMACIÓN.....	149
3.5	IMPLEMENTACIÓN.....	158
3.5.1	Integración de los prototipos del sistema	158
3.5.2	Instalación y configuración del software	158
3.6	MONITOREO.....	161
3.6.1	Desarrollo de pruebas en producción.....	161
CAPITULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO		169
4.1	ANÁLISIS DE COSTOS.....	170
4.1.1	Recursos humanos.....	170
4.1.2	Recursos hardware	171

4.1.3	Recursos de software.....	171
4.2	DESARROLLO DEL FLUJO DE CAJA	172
4.2.1	Proyección de rentabilidad en verano	173
4.2.2	Proyección de rentabilidad en invierno.....	174
4.2.3	Factores de pérdidas.....	175
4.2.4	Conclusiones del análisis	175
	Conclusiones.....	177
	Recomendaciones	178
	Referencias.....	179
	Glosario.....	182
	ANEXOS	195

Listado de figuras

Figura 1: Evolución de la facturación anual de la empresa ICATOM (Numata & Keishiro, 2010)	13
Figura 2: Esquema básico del sistema de transmisión de datos a través de la red celular GPRS (Narvaez, 2008)	14
Figura 3: Entrada y salida procesadas por el controlador (Narvaez, 2008). ...	15
Figura 4: Procesamiento de los datos obtenidos a través del tensiómetro (Narvaez, 2008).....	16
Figura 5: Pulsos de riego realizado a un periodo regular de tiempo (Narvaez, 2008).....	17
Figura 6: Distribución de los pulsos controlados por un tensiómetro análogo (Narvaez, 2008).....	17
Figura 7: Diagrama de bloques del sistema de comunicación modem a modem a través de la red celular GPRS (Narvaez, 2008).	20
Figura 8: Unidad de riego y fertilización DISHUNIT (Narvaez, 2008).....	21
Figura 9: Controlador Galileo (Narvaez, 2008).....	22
Figura 10: Pantalla y teclado del controlador GALILEO WEX (Narvaez, 2008).....	23
Figura 11: Convertidor Serial/Ethernet IOLAN DS11 (Narvaez, 2008).....	24
Figura 12: Pantalla que muestra la interfaz de ambos programas clientes y servidor (Narvaez, 2008).	27
Figura 13: Pantalla que muestra la interferencia (Narvaez, 2008).	27
Figura 14: Pantalla de configuración para la conexión de controladores añadidos (Narvaez, 2008).	28
Figura 15: Pantalla de configuración de los parámetros de cada controlador (Narvaez, 2008).....	28
Figura 16: Ventana de configuración del programa ELGAL CLIENT (Narvaez, 2008).....	29
Figura 17: Interfaz de usuario del programa ELGAL CLIENT (Narvaez, 2008).....	29
Figura 18: Interfaz gráfico de un programa de riego (Narvaez, 2008).....	30

Figura 19: Esquema de ubicación física de los elementos que intervienen en el programa de riego establecido (Narvaez, 2008) (Valdes Martínez, 2007).....	31
Figura 20: Arduino UNO Rev.3 (arduino.cc, Arduino UNO R3, s.f.)	33
Figura 21: Arduino Uno SMD Rev3 (arduino.cc, Arduino UNO R3, s.f.)	34
Figura 22: Arduino Mega ADK (arduino.cc, Arduino MEGA ADK, s.f.).....	35
Figura 23: Arduino Nano 3.0	37
Figura 24: Arduino Shield GSM Oficial (arduino.cc, Arduino Shield GSM, s.f.)	39
Figura 25: Arduino UNO + Arduino Shield GSM (arduino.cc, Arduino Shield GSM, s.f.)	39
Figura 26: Arduino Shield Ethernet (arduino.cc, Arduino Shield Ethernet, s.f.)	41
Figura 27: Arduino Yun	42
Figura 28: Partes de Arduino Yun	43
Figura 29: Comunicación serial entre los procesadores ATmega32u4 y linino AR 9331	44
Figura 30: Entorno de desarrollo Arduino IDE.....	46
Figura 31: Sensor de humedad casero de GardenBot.com	47
Figura 32: Resistencia LDR (Wikipedia.org, s.f.).....	48
Figura 33: Termistor NTC 100E (shop.rabtron.com.za, s.f.).....	49
Figura 34: Sensor de presión atmosférica y temperatura BMP085 (Anónimo, s.f.).....	50
Figura 35: Sensor de temperatura y humedad DHT11 (Adafruit.com, s.f.)	51
Figura 36: Sensor de luz ambiental DH1750 (core-electronics.com.au, s.f.) ...	52
Figura 37: Ciclo de desarrollo evolutivo para prototipado y programación hardware	57
Figura 38: Fases para el método de desarrollo evolutivo para prototipos.....	61
Figura 39: Esfuerzo en actividades según fase del proyecto	61
Figura 40: Arquitectura de Hardware del Nodo Datalogger GSM	66
Figura 41: Nodo Datalogger GSM.....	67
Figura 42: Nodo Datalogger GSM.....	68
Figura 43: Arquitectura de hardware del nodo Controller GSM.....	68

Figura 44: Módulo Quectel M10	69
Figura 45: Carcasa del nodo controller	70
Figura 46: Carcasa del nodo controller con tapa abierta.....	70
Figura 47: Interior del nodo Controller.....	71
Figura 48: Interior del nodo Controller 2.....	71
Figura 49: Diagrama de actividades de CUN, Regar parcela agrícola.....	83
Figura 50: DACUN, preparar parcela agrícola	84
Figura 51: DACUN, Siembra en parcela agrícola.....	85
Figura 52: DACUN, Fumigación en parcela agrícola	86
Figura 53: DACUN, abonado de parcela agrícola	87
Figura 54: Modelo de caso de uso de negocio.....	88
Figura 55: Diagrama de casos de uso del sistema	89
Figura 56: Diagrama de secuencia, ‘enviar datos de sensores’, Parte 1	90
Figura 57: Diagrama de secuencia, ‘enviar datos de sensores’, Parte 2	91
Figura 58: Diagrama de secuencia, ‘enviar datos de sensores’, Parte 3	92
Figura 59: Diagrama de colaboración, ‘enviar datos de sensores’	93
Figura 60: Diagrama de secuencia, ‘configurar parámetros de riego’, parte 1.	94
Figura 61: Diagrama de secuencia, ‘configurar parámetros de riego’, parte 2.	95
Figura 62: Diagrama de colaboración, ‘configurar parámetros de riego’	96
Figura 63: Diagrama de secuencia, ‘consultar parámetros de riego’	97
Figura 64: Diagrama de colaboración, ‘consultar parámetros de riego’	98
Figura 65: Diagrama de secuencia, ‘monitorear sensores’, Parte 1.....	99
Figura 66: Diagrama de secuencia, ‘monitorear sensores’, Parte 2.....	100
Figura 67: Diagrama de colaboración, ‘monitorear sensores’	101
Figura 68: Diagrama de secuencia, ‘mantenimiento de configuración de riego’, Parte 1	102
Figura 69: Diagrama de secuencia, ‘mantenimiento de configuración de riego’, Parte 2.....	103
Figura 70: Diagrama de configuración, ‘mantenimiento de configuración de riego’	104
Figura 71: Diagrama de secuencia, ‘establecer configuración de riego’, Parte 1.....	105

Figura 72: Diagrama de secuencia, 'establecer configuración de riego', Parte 2.....	106
Figura 73: Diagrama de colaboración, 'establecer configuración de riego'	107
Figura 74: Diagrama de secuencia, Loguin de usuario	108
Figura 75: Diagrama de colaboración, Loguin de usuario	109
Figura 76: Diagrama de clases	110
Figura 77: Diagrama de despliegue del sistema	111
Figura 78: Diagrama de componentes	112
Figura 79: Modelo conceptual de a base de datos.....	115
Figura 80: Modelo lógico de la base de datos.....	116
Figura 81: Pantalla inicial de la aplicación web y loguin del sistema.....	117
Figura 82: Apartado mis cultivos activos	118
Figura 83: Menú principal / Cultivos	119
Figura 84: Menú principal / Libreta.....	120
Figura 85: Menú principal / Riego	121
Figura 86: Menú principal / Dispositivos.....	122
Figura 87: Modulo Cultivo / Mis cultivos activos.....	123
Figura 88: Menú principal / libreta / Lista de plantas	124
Figura 89: Menú principal / libreta / agregar nueva planta	125
Figura 90: Nuevo registro de planta en el sistema	126
Figura 91: Editar registro de planta	127
Figura 92: Registro de planta actualizado correctamente	128
Figura 93: Eliminando registro de planta.....	129
Figura 94: Registro de planta eliminado correctamente	130
Figura 95: Menú principal / Lista de parcelas.....	131
Figura 96: Menú principal / Agregar parcela	132
Figura 97: Parcela registrada correctamente	133
Figura 98: Editar registro de parcela.....	134
Figura 99: Registro actualizado correctamente.....	135
Figura 100: Confirmación para eliminar registro de parcela.....	136
Figura 101: Registro de parcela eliminado correctamente	137
Figura 102: Lista de configuraciones de riego.....	138
Figura 103: Seleccionar tipo de sistema de riego.	139

Figura 104: Nueva configuración de riego por goteo	140
Figura 105: Nueva configuración de riego por goteo, registrado correctamente	141
Figura 106: Editar registro de parámetros de riego por goteo.....	142
Figura 107: Configuración de riego actualizado correctamente	143
Figura 108: Prototipo del CUS – Enviar indicadores de sensores.....	144
Figura 109: Prototipo de diseño del CUS – Consultar parámetros de riego...	146
Figura 110: Prototipo de diseño de CUS – Monitorear Sensores.....	148
Figura 111: Pantalla del sistema del prototipo 1 del sistema de riego y control	150
Figura 112: Loguin del sistema del prototipo 2.....	151
Figura 113: Gráfica de todos los sensores del prototipo 2	151
Figura 114: Gráficas dinámicas de los sensores del prototipo 2	152
Figura 115: Programador de riego con Google Calendar del prototipo 2.....	152
Figura 116: Cultivos activos del prototipo 3	153
Figura 117: Módulo de gestión de cultivo / Resumen – Principal.....	154
Figura 118: Módulo de gestión de cultivo / Monitor	154
Figura 119: Módulo de gestión de cultivo / Reporte de riegos	155
Figura 120: Módulo de gestión de cultivo / configuración de riego.....	155
Figura 121: Módulo de gestión de cultivo / Configuración de cultivo.....	156
Figura 122: Mapa conceptual del menú del sistema	158
Figura 123: Script de la base de datos de la aplicación web	159
Figura 124: Monitor es donde se visualizan en graficas dinámicas, lo que recolectan los sensores	161
Figura 125: Visualizar los indicadores en las gráficas dinámicas.....	161
Figura 126: Deslizamiento de las gráficas dinámicas	162
Figura 127: Zoom y controles de tiempo de las gráficas dinámicas.....	162
Figura 128: Filtro de los sensores den las gráficas dinámicas.....	163
Figura 129: Datos recibidos en la gráfica dinámica.....	163
Figura 130: Grafica deslizada que despliega más datos temporales en la grafica	164
Figura 131: Última lectura de los sensores	164
Figura 132: Ayuda del monitor de sensores.....	165

Figura 133: Módulo de gestión de cultivo / Configuración de riego.....	165
Figura 134: Apartado actuador.....	166
Figura 135: Apartado informativo	166
Figura 136: Asignar configuración de riego al cultivo.....	167
Figura 137: En la configuración actual se puede editar los parámetros de riego de la configuración asignada.....	168
Figura 138: Fotografía del 29 de agosto de 2015	196
Figura 139: Fotografía N°.1 del 14 de setiembre de 2015	196
Figura 140: Figura N°.2 del 14 de setiembre de 2015.....	197
Figura 141: Figura N°.3 del 14 de setiembre de 2015.....	197
Figura 142: Figura N°.4 del 14 de setiembre de 2015.....	198
Figura 143: Figura N°.5 del 14 de setiembre de 2015.....	198
Figura 144: Fotografía N°.1 del 19 de setiembre de 2015	199
Figura 145: Fotografía N°.2 del 19 de setiembre de 2015	199
Figura 146: Fotografía N°.3 del 19 de setiembre de 2015	200
Figura 147: Fotografía N°.1 del 22 de setiembre de 2015	200
Figura 148: Fotografía N°.2 del 22 de setiembre de 2015	201
Figura 149: Fotografía N°.3 del 22 de setiembre de 2015	201
Figura 150: Fotografía N°.4 del 22 de setiembre de 2015	202
Figura 151: Fotografía N°.5 del 22 de setiembre de 2015	202
Figura 152: Fotografía del dispositivo DataloggerGSM, echa el 28 de setiembre de 2015	203
Figura 153: Fotografía de una espinaca y el sensor de humedad casero, echa el 28 de setiembre de 2015.....	203
Figura 154: Fotografía de una espinaca y el sensor de humedad de casero a nivel de la tierra, echa el 28 de setiembre de 2015.....	204
Figura 155: Fotografía de las espinacas, echa el 28 de setiembre de 2015 ..	204
Figura 156: Fotografía a lo largo de los cultivos de espinacas, echa el 28 de setiembre de 2015	205
Figura 157: Fotografía N°.1 de espinacas cosechada el 05 de octubre de 2015.....	206
Figura 158: Fotografía N°.2 de espinacas cosechada el 05 de octubre de 2015	206

Figura 159: Fotografía N°.3 de espinacas cosechada el 05 de octubre de 2015	207
Figura 160: Fotografía N°.4 de espinacas cosechada el 05 de octubre de 2015	208
Figura 161: Gráfica dinámica donde solo muestra las lecturas del sensor de humedad de tierra y observaciones	209
Figura 162: Historial de riegos en el sistema	210
Figura 163: Durante el periodo vegetativo hubo 5 riegos en el cultivo de espinacas	210
Figura 164: Pestaña principal del módulo de administración de cultivo	211
Figura 165: Pestaña del módulo de administración de cultivo, 'Configuración del cultivo'	211
Figura 166: Llenando el formulario para confirmar baja del cultivo	212
Figura 167: Cultivos activos sin ningún registro	212
Figura 168: Dirigiéndose a cultivos terminados.....	213
Figura 169: Pantalla, 'Cultivos terminados', con el registro del cultivo cosechado.....	213
Figura 170: Interfaz inicial del sistema Arduotec.....	214
Figura 171: Comparación de requerimientos hídricos entre el riego por goteo y por surcos (Netafim, s.f.)	215
Figura 172: Ventajas agronómicas del riego por gotéo sobre el riego por surcos (Netafim, s.f.).....	216
Figura 173: Impresión de pantalla del artículo 'Riego por goteo: dosis y tiempo de riego' (archivo.infojardin.com, 2006).....	218
Figura 174: Registro del cultivo terminado de espinaca.....	219

Lista de tablas

Tabla 1: Especificaciones generales de hardware (Narvaez, 2008)	22
Tabla 2: Características de Arduino Uno (arduino.cc, Arduino UNO R3, s.f.) ..	34
Tabla 3: Características de Arduino Mega ADK.....	35
Tabla 4: Características de Arduino Nano 3.0.....	37
Tabla 5: Características de Arduino Shield Ethernet (arduino.cc, Arduino Shield Ethernet, s.f.).....	42
Tabla 6: Especificaciones del microcontrolador AVR Arduino	44
Tabla 7: Especificaciones del microprocesador Linux.....	45
Tabla 8: Especificaciones del sensor BMP085	50
Tabla 9: Actores del negocio.....	80
Tabla 10: Caso de uso de negocio – regar parcela agrícola.....	80
Tabla 11: Caso de uso de negocio – preparar parcela agrícola.....	81
Tabla 12: Caso de uso de negocio – siembra en parcela agrícola.....	81
Tabla 13: Caso de uso de negocio – fumigación en parcela agrícola.	82
Tabla 14: Caso de uso de negocio – abonado de parcela agrícola.	82
Tabla 15: Requerimientos funcionales	113
Tabla 16: Análisis de costo de los recursos humanos	170
Tabla 17: Recursos hardware del proyecto.....	171
Tabla 18: Proyección de rentabilidad en épocas de calor.....	173
Tabla 19: Posible rentabilidad en épocas de frío.....	174
Tabla 20: Comparación entre sistema de riego por goteo y el método de surcos, basado en el boletín de la OIEA	217
Tabla 21: Cálculo para hallar el volumen de agua usado para un cultivo de espinacas de 37 días de periodo vegetativo	220

Introducción

En el Perú, los distintos cultivos juegan un importantísimo rol, para los peruanos y, pues estamos acostumbrados a consumir producto nacional y no de importación. Además, tenemos potencial de exportación de diferentes cultivos en la actualidad. Por ello, los miles de agricultores eligen la opción de producir productos a bajo costo con la misma calidad y con baja utilización de agua, debido al incremento de la población y la posible falta de agua en un futuro, por cambios climáticos.

Por esta razón se necesita implementar un sistema automatizado que permita la monitorización del estado hídrico de los suelos y el tiempo climático, que influyen en el correcto regado de las plantas, así también como el control de riego pertinente, para tener un correcto crecimiento de las plantas, libres de enfermedades que se producen por falta o por exceso de agua, en consecuencia, podremos obtener un eficaz rendimiento y control de los distintos cultivos sin la necesidad de perder el capital invertido, dando como resultado las mejores cosechas y una posible mejor rentabilidad para el agricultor.

En el Capítulo I, se realizó la descripción del problema, se plasma los objetivos de este trabajo, así como la justificación técnica y económica que sustentan la viabilidad de la implementación de este trabajo para los agricultores, que son nuestro público objetivo.

En el Capítulo II, se explica la base teórica de este trabajo. Se da conocer los antecedentes nacionales como internacionales, donde gracias a la automatización de sus procesos agrícolas, lograron mejorar la rentabilidad y optimizaron sus procesos en el llevado de los cultivos.

También se definen los elementos básicos que participan en un sistema de riego tecnificado, como los sensores y un software HMI, con una interfaz gráfica capaz de administrar todos los elementos que participan en la automatización de un sistema de riego. Así mismo se explica la metodología usada para el desarrollo y el sustento legal, que permite la realización de este trabajo.

En el Capítulo III, se realizó el análisis a partir del levantamiento de información, así como de nuestra propia experiencia en el cultivo de hortalizas, que nos permitió entender las labores de los agricultores con mayor profundidad.

Con estos conocimientos pudimos realizar los requerimientos funcionales necesarios para empezar a investigar y desarrollar los prototipos.

En el Capítulo IV, se realizó el análisis de costo donde se sustenta las compras del proyecto, así como los recursos humanos necesarios para implementarlo y finalizarlo. También se redacta los beneficios que se pueden generar por la siembra de hortalizas en una hectárea de terreno, sustentando el por qué, es un negocio rentable.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Planteamiento y descripción del problema

El problema de la mayoría de agricultores es el alto costo de producción debido a los cambios climáticos (fenómeno del niño, incremento de plagas y hongos) y la excesiva utilización de agua.

Para empezar, el cambio de clima constante, afecta a todo tipo de cultivos, desde el crecimiento de la planta, hasta su etapa de producción, afectando la rentabilidad de la inversión, el tiempo empleado y los recursos como abonos y foliares.

Así mismo, otro problema es la necesidad de saber, el estado de los terrenos en donde tenemos plantados los árboles o plantas, como es el caso de los niveles de salitre, humedad, etc.

En el valle Chillón existen varios manantiales que son usados para el regadío de los campos, pero estos campos se ven afectados significativamente por estos manantiales, debido a que la presencia de agua, activa el salitre en la tierra, haciendo que los bordes de los campos tengan una producción mínima, representando un desperdicio de inversión en el peor de los casos, y solo se pueda usar ese terreno para sembrar cierto tipo de cultivos.

En conclusión, en el valle Chillón, no existe una solución para estos casos expuestos, y se necesita hacer las pruebas respectivas para poder plantear soluciones viables.

1.1.2 Formulación del problema general

¿Cómo se podrá disminuir los costos de producción y riego de los cultivos de hortalizas?

1.1.3 Formulación de los problemas específicos

P.E.1: ¿Cómo se podrá optimizar el uso de agua, para mejorar la producción en las parcelas agrícolas?

P.E.2: ¿Cómo se podrá mejorar la calidad de las hortalizas en una parcela agrícola tecnificada?

P.E.3: ¿Cómo se podrá obtener una producción más uniforme en la cosecha de hortalizas en una parcela agrícola?

P.E.4: ¿De qué manera se podrá automatizar el riego de diferentes parcelas?

1.2 DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo general

Implementar un sistema automatizado de monitoreo y control de riego para el cultivo de hortalizas orientado a optimizar la producción en una parcela agrícola.

1.2.2 Objetivo específico

O.E.1: Implementar un sistema de riego tecnificado para evitar el uso innecesario de agua.

O.E.2: Desarrollar un sistema de monitoreo y control de riego para mejorar la calidad de hortalizas en una parcela agrícola.

O.E.3: Implementar un sistema de riego tecnificado controlado por un sistema de monitoreo y control de riego en tiempo real.

O.E.4: Condicionar los parámetros de riego de cada parcela agrícola, según las condiciones edafológicas y atmosféricas en tiempo real, desde un software de monitoreo y control de riego.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Justificación técnica

Actualmente, cuando un agricultor decide sembrar algún cultivo, existe la incertidumbre de que las plantas no produzcan como uno espera, ya sea por descuido del mismo agricultor, así como del clima que afecta a todos.

En el valle Chillón se cultiva gran cantidad de hortalizas y que aún la técnica de producción, no ha dado resultados óptimos y por lo tanto se necesitó implementar una solución tecnológica que permita remplazar la actual técnica, la que ocasionaba pérdidas y costos elevados para sus sembríos y una baja calidad de hortalizas. Por lo tanto, nos vemos en la necesidad de emplear una tecnología que mejore el manejo del cultivo de hortalizas, debido al avance tecnológico que otros países han desarrollado en la técnica de producción, el cual es accesible y fácil de implementar siendo factible la solución a dichos problemas.

1.3.2 Justificación económica

El desarrollo de la solución emplea hardware libre, componentes electrónicos libres de pagos extras por derechos de autor, así como el uso de software libre para el desarrollo de la aplicación web.

Es por eso que, para un público objetivo resistente a cambios tecnológicos, representa una buena opción económica para arriesgar, como suelen decir, por una solución tecnológica que se ocupe del monitoreo y control de riego desde casi cualquier dispositivo con conexión a internet, como *smartphones*, tabletas u ordenadores. Además, el uso de esta solución servirá para obtener mejores cultivos, en consecuencia, mejor rentabilidad y la posibilidad de vender sus productos a mercados más competitivos.

1.3.3 Justificación social

Los agricultores del valle Chillón, se caracterizan, a diferencia de otros valles costeros del Perú, a resistirse al uso de sistemas de riego mecánicos, debido al desconocimiento y ciertas ideas erróneas que tienen frente a esta nueva manera de trabajar. Ahora podrán tener contacto visual con los resultados que podrían

obtener con los sistemas de riego mecánicos, en sinergia con la tecnología informática y de automatización.

La realización y el éxito de este proyecto, generará mucha expectativa entre los agricultores sobre una nueva forma de trabajar.

Los agricultores al elegir esta solución, se beneficiarán con un servicio permanente en tiempo real durante las 24 horas del día. Esto será posible, mediante la implementación en campo de dispositivos encargados de la recolección de datos edafológicos y meteorológicos, como también de dispositivos encargados del encendido de actuadores, como bombas de agua y válvulas eléctricas. Estos dispositivos se conectarán con una aplicación de monitoreo y control, desde donde se visualizará los indicadores de los sensores. Así también, se podrá asignar una configuración de riego para cada parcela.

Para los agricultores, garantizará buenos cultivos y a largo plazo, una mejor rentabilidad al optimizar los recursos usados para una campaña agrícola.

Además, los costos de implementación de esta solución, no serán precios exorbitantes que los agricultores no puedan pagar, debido a que fue desarrollado con *software* y *hardware* libre, siendo muy accesible.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Alcances

Este sistema se aplicará a los sembríos de una parcela del valle Chillón, nuestro objeto de estudio, donde se requiere esta implementación, debido a que en un futuro se tiene previsto escases de agua.

Este trabajo permitirá que muchos agricultores mejoren su sistema de cultivo, empleando los recursos hídricos necesarios para

determinado cultivo. También se podrían agregar más sensores que detecten, por ejemplo, la aparición de plagas, esto da pie a nuevas investigaciones a futuro.

Implementamos una prueba piloto de este trabajo, en un jardín, donde se puso a prueba esta solución, obteniendo los resultados esperados durante el periodo vegetativo y en la cosecha. Véase anexo A.

Este trabajo se piensa aplicar en un fundo agrícola muy cercano a la capital, donde se requiere este tipo de sistemas para optimizar su producción, para ello cuenta con dos módulos de *hardware* encargado del monitoreo del cultivo y una aplicación web que gobierna los módulos de *hardware*.

1.4.2 Limitaciones

Este trabajo encontró limitaciones, respecto al funcionamiento e implementación de la parte electrónica del proyecto.

Existía desconocimiento del uso de diversos tipos de sensores electrónicos y su implementación, como también de algún contacto que sepa del uso de estos.

Hubo problemas tratando de entender las características y limitaciones de las redes móviles, al momento de implementar nuestros primeros prototipos.

Aún existen limitaciones de comunicación entre las redes móviles y el servicio de internet público, este hecho, encamino el rumbo de este trabajo.

CAPITULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Internacionales

- A. Según el investigador Valdez hace énfasis, que las disciplinas agrícolas en conjunto con los desarrollos tecnológicos, de la mano con tecnología de automatización, ayuda efectivamente a mejorar la producción de cultivos de tomates en la provincia de Michoacán.

En la presente investigación se considera que el sistema agrícola del Tomate [SIC] es el arte, la ciencia y mantenimiento del cultivo de las hortalizas del Tomate [SIC] con vistas a obtener su mejor producción y calidad. La agricultura es el resultado de la aplicación de distintas disciplinas que en conjunto dan a la práctica del cultivo del tomate una amplia gama de conocimientos dependientes de varias disciplinas, de entre las cuales tenemos, la biología, la microbiología, la geografía, la química, la física, la meteorología y actualmente la tecnología de la automatización que fortalece la actividad del cultivo de Tomate, la inversión que se aplica a esta actividad son costos de mano de obra, el capital y el costo del material agrícola junto con la inversión de los equipos existentes para esta tarea agropecuaria. Con lo que para obtener buenos resultados en esta actividad es necesario aplicar diferentes disciplinas con lo que se puede afirmar que esta actividad es interdisciplinaria.

Los agricultores saben que se puede mejorar la actividad agrícola al hacer uso de desarrollos tecnológicos que ayuden a esta tarea ya que en otras regiones y países se aplican tecnologías de punta para obtener mejores rendimientos, desde luego cada región tiene su peculiaridad por lo cual es necesario realizar una investigación sistémica para realmente obtener los mejores resultados. Como producto de venta a nivel nacional y de exportación el Tomate en el estado de Michoacán y México constituyen una posible fuente de ingresos considerables si se desarrolla y explota de manera adecuada, y en corto plazo sería una de las principales actividades económicas agrícolas.

La producción de Tomate en el Estado de Michoacán puede ser mayor, si se explota de manera responsable todo el potencial del que se dispone en la región, por contar con una superficie y clima adecuados para la producción agrícola. (Valdés, 2007).

B. Según el autor Rentería, hicieron una prueba en un terreno donde el agricultor pudo exitosamente controlar sus cultivos de tomates de manera exitosa, manejando efectivamente las variables de la humedad de suelo y logrando los resultados esperados

Ingenieros de la UN en Medellín desarrollaron un sistema de riego inteligente para plantaciones a gran escala e invernaderos que permite ahorrar electricidad, agua y mano de obra.

El sistema hace uso de la topología inalámbrica denominada topología de red en malla, con capacidad de accionar válvulas, bombas y recolectar variables atmosféricas y edafológicas como la temperatura y humedad del suelo.

Para los agricultores sería adecuado programar el tiempo de riego de un cultivo, la cantidad de agua, la forma de aspersión, la temperatura, la humedad del suelo y detectar fallas en la operación de sus fincas desde un computador, remotamente. Esto ahora es posible gracias a tres ingenieros de la Universidad Nacional de Colombia en Medellín. Haciendo uso de redes inalámbricas desarrollaron un sistema de riego inteligente para optimizar siembras a gran escala en áreas de hasta mil hectáreas (ha).

Héctor Daniel Marín da testimonio de ello. En su cultivo de tomate ya no tiene que abrir y cerrar válvulas todas las mañanas para detectar cuál falla. Ahora, con algunas órdenes desde su computador, logra cómodamente controlar todas las variables para que sus tomates sigan creciendo. (Rentería, 2012).

2.1.2 Nacionales

- A. Según los autores, Numata y Keishiro, la identificación de los problemas en el cultivo de tomates, logro que la empresa ICATOM tome un nuevo rumbo, logrando la industrialización del tomate, que consiste en menor consumo de insumos y la industria con valor agregado. Este hecho represento un mayor volumen en las ventas, cada año, siendo un excelente caso de éxito, concluyendo que una agricultura tecnificada representa menos consumo de recursos y mejor rentabilidad.

La industrialización del tomate mediante la fusión de la agricultura con poco insumo y la industria con valor agregado.
CASO ICATOM (ICA, PERÚ)

Pese a que el tomate es oriundo del Perú, país situado entre los 0 y 30 grados de latitud sur, hasta el 2000, la historia del cultivo del tomate industrial a escala comercial fue una secuencia de fracasos. Durante los años 1995 - 2002, en Ica, ubicada al sur del Perú, la empresa ICATOM tenía problemas con el manejo de las principales plagas en el cultivo del tomate industrial a campo abierto. Sin embargo, a partir del año 2003, sucediendo a la experiencia exitosa del proyecto ASKA, dicha empresa comenzó a obtener éxitos tanto en el cultivo del tomate para consumo fresco a campo abierto como en el cultivo del tomate industrial (la industrialización del tomate comprende el procesamiento del tomate y la comercialización de sus productos).

En esta tesis, identificamos los factores causantes del fracaso en el cultivo del tomate a campo abierto llevado a cabo por la empresa ICATOM durante los años 1995 - 2002 y aclaramos los factores del Éxito de la misma empresa en el cultivo del tomate a campo abierto durante los años 2003-2010. Además, Subrayamos los factores del éxito en la industrialización del tomate realizada por la empresa ICATOM.

Ejemplo exitoso de la industrialización del tomate por medio de la combinación entre la agricultura con pocos insumos y la industria de valores agregados.

Tal como se ha descrito, ICATOM logró aumentar la superficie total para el cultivo del tomate a campo abierto implementando los métodos exitosos en el proyecto ASKA desde 2003, tales como el riego por goteo (ahorrador de agua), la reducción del uso de insecticidas y fungicidas, la utilización del M.I.P., así como la reducción del abono químico y su sustitución por abono orgánico.

Debido a la implementación de las medidas arriba mencionadas, creció la producción por hectárea, alcanzando hasta 90 toneladas por hectárea, nivel necesario para que su pasta de tomate obtenga la competitividad deseada. Gracias a ello, la venta, que era inferior a 5 millones de dólares hasta 2002, aumentó hasta un monto superior a 7 millones de dólares a partir de 2003 (Figura 1).

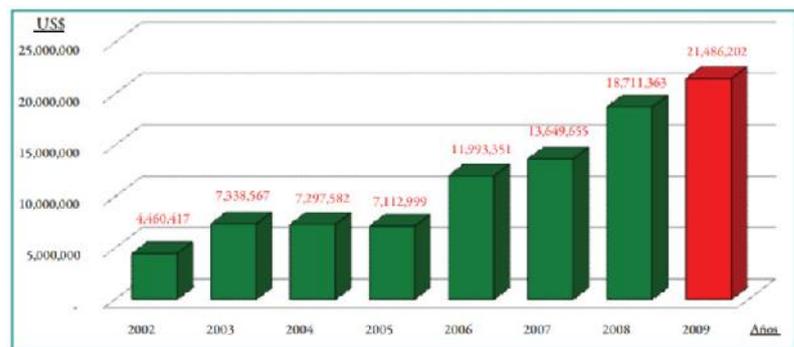


Figura 1. Evolución de la facturación anual de la empresa ICATOM (Numata & Keishiro, 2010)

Por último, presentamos los ejemplos exitosos en la industrialización del tomate mediante la fusión de la agricultura con poco insumo y la industria con valor agregado, realizada por la empresa ICATOM. (Numata & Keishiro, 2010).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Diseño del sistema de monitoreo y control

Según Narváez (2008), "El diseño de este sistema debe cumplir con el objetivo de facilitar el monitoreo y control remoto de un sistema de control de riego a través de la red celular GPRS, tal como se muestra en la figura 2 siguiente: " (p. 89)

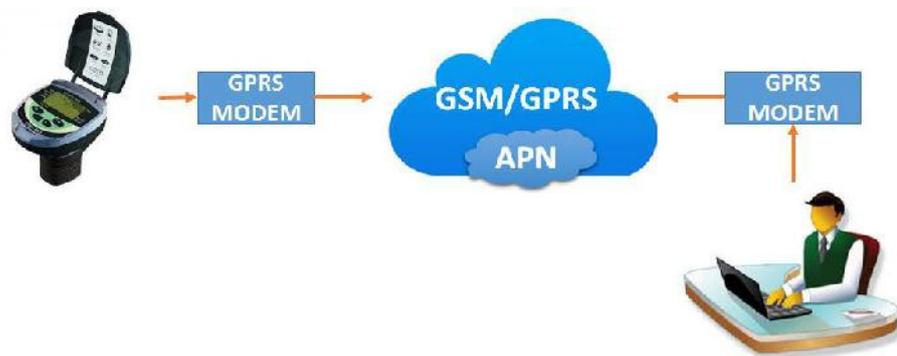


Figura 2. Esquema básico del sistema de transmisión de datos a través de la red celular GPRS (Narvaez, 2008)

2.2.2 Funciones del controlador

Tal como muestra la figura 3, el controlador es capaz de procesar los datos proporcionados por diferentes tipos de sensores, entre ellos: humedad, temperatura, tensión del suelo, velocidad del viento, radiación solar, CO₂, pH, EC, etc.

Estos datos son procesados por el controlador sobre la base de un algoritmo específicamente desarrollado y configurado para un tipo específico de sembrío. El algoritmo de control decidirá cuándo activar bombas de agua, filtros, ventiladores, motores, nebulizadores, calentadores, etc.



Figura 3. Entrada y salida procesadas por el controlador (Narvaez, 2008).

Los controladores de riego manejan conjuntamente la distribución y dosificación del riego y la nutrición del cultivo. La tendencia actual es la fabricación de equipos con gran capacidad, flexibles para adaptarse a las características de cualquier explotación y ejecutar procesos de fertilización por riego en condiciones topográficas prácticamente ilimitadas.

Los nuevos controladores han incorporado la posibilidad de condicionar el riego de acuerdo a factores variables tales como: clima, humedad del suelo, iluminación solar, vientos, lluvia etc., de manera que el controlador será quien determine cuando, cuanto y de qué forma fertilizar por riego, basándose en programaciones previamente introducidas por el técnico encargado. (Narvaez, 2008, págs. 90, 91)

El controlador de riego debe ser un dispositivo que pueda recibir una programación de riego específica por cada cultivo, y debe ser capaz de condicionar el riego a partir de factores de tiempo atmosférico y edafológicos.

2.2.3 Descripción del tensiómetro

Los tensiómetros son medidores altamente sensibles a la tensión que produce el agua en el suelo. Se debe considerar que las condiciones climáticas varían constantemente y estas llegan a producir alteraciones en la actividad de la planta. De la experiencia se ha llegado a determinar que estos cambios son posibles de detectar y controlar únicamente por medio de sensores automáticos.

Gracias a la información proporcionada por los sensores automáticos será posible regular la aplicación de agua a las plantas en forma oportuna y con la dosis precisa. Esta actividad se ilustra en la figura 4, en donde se puede observar que el tensiómetro recoge la información de las condiciones del suelo, esta información es enviada a un centro de control, el cual a su vez enviará una señal de control para manipular la válvula de riego (por ejemplo, la HYDRO PCND) tal que se entregue al suelo solamente la cantidad de agua adecuada. Esta es la función de los tensiómetros análogos.

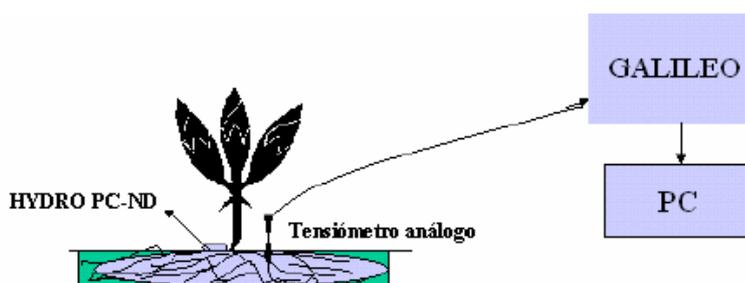


Figura 4. Procesamiento de los datos obtenidos a través del tensiómetro (Narvaez, 2008).

Con el uso de estos dispositivos se evitan los excesos y las deficiencias de agua que producen stress a la planta bajando su rendimiento. (Narvaez, 2008, pág. 92)

Los tensiómetros son instrumentos indispensables para lograr la automatización en el riego en tierra, obteniendo información del suelo para después procesarlo con el dispositivo controlador.

La figura 5, muestra un proceso de riego tradicional por pulsos en el cual no se utiliza los datos de un tensiómetro análogo:

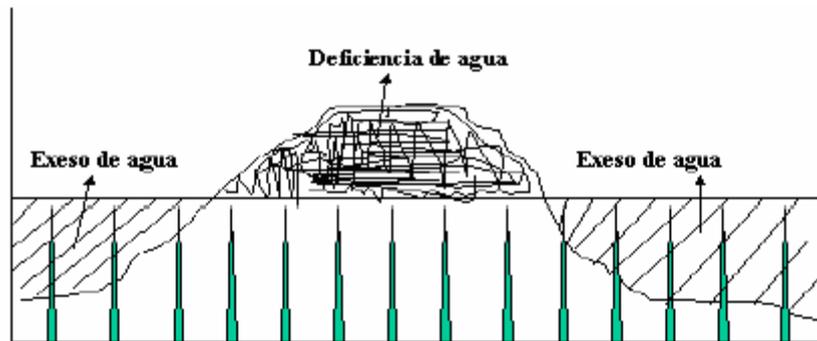


Figura 5. Pulsos de riego realizado a un periodo regular de tiempo (Narvaez, 2008)

Se puede ver que no hay dotación adecuada de agua a la planta, la misma que en ocasiones recibe exceso de agua, y en otros momentos carece de la misma. Para remediar este problema se requiere realizar un riego continuo controlado para obtener una curva de distribución de agua diaria como la que se presenta en la figura 6.

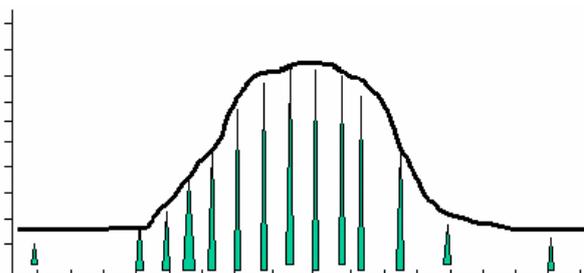


Figura 6. Distribución de los pulsos controlados por un tensiómetro análogo (Narvaez, 2008)

Para lograr el objetivo descrito el tensiómetro análogo es parte de la solución al problema. Tal como se mencionó, el tensiómetro análogo se conecta al controlador, el cual, en concordancia con el

algoritmo programado en el mismo, tomará las decisiones pertinentes. (Narvaez, 2008, págs. 92 - 94)

Su eficiencia se puede observar en la figura 6, donde el tensiómetro controla el riego a través de un controlador de riego.

Una PC conectada al controlador permitirá al agricultor analizar la información recopilada por el controlador y decidir si debe mantener o cambiar la configuración del mismo. De esta manera se podrá, de acuerdo a particularidades propias de cada terreno, ajustar el algoritmo de control del controlador, con lo cual se estarán tomando acciones acertadas y oportunas para el establecimiento óptimo del régimen de riego durante el desarrollo del cultivo.

Actualmente, la toma de datos, actualizaciones de *software*, configuraciones y toma de decisiones para resolver problemas de dicho controlador en las plantaciones requiere la presencia física de un técnico.

Con el presente proyecto se pretende obtener los datos proporcionados por el controlador en forma remota, para monitorear y controlar las variables desde un centro de control. Para que se pueda realizar el monitoreo remoto existen varias alternativas:

- Líneas rentadas
- Enlaces dual-up
- Enlaces ADSL

(Narvaez, 2008, pág. 94)

Según (Narvaez, 2008), La configuración o programación de las variables de riego del controlador, son modificadas localmente por un técnico especializado con un PC conectado al controlador de riego, la autora en su trabajo pretende obtener los datos sensoriales por el controlador, así como poder configurar el riego

de manera remota, desde un centro de control, por medio de tecnologías de telecomunicación.

2.2.4 Tecnologías inalámbricas

Considerando que el sistema de control se implementará a campo abierto, en zonas rurales generalmente alejadas de servicios básicos de comunicación, se ha pensado en que la mejor tecnología es GPRS puesto que la red celular GSM, que es sobre la que funciona GPRS cubre las áreas de cultivo en nuestro país.

Obviamente se espera que el área que se quiere automatizar esté cubierta por cualquiera de las operadoras de telefonía celular que brindan servicio GSM.

La decisión de utilizar la red GSM/GPRS reducirá el espectro de equipos que puedan emplearse para implementar el sistema, puesto que estos deberán poder conectarse a un MODEM GPRS para acceder a la red del proveedor del servicio.

A través de la nube GPRS será posible conectarse al Internet haciendo posible la implementación de un sistema de telecontrol industrial, que es lo que se busca con la realización de este proyecto. (Narvaez, 2008, pág. 95)

Según Narvaez (2008), “Para la implementación de un sistema de telecontrol industrial, se considera la tecnología GSM, como la infraestructura de telecomunicaciones más flexible para las zonas rurales, donde no existen servicios básicos”. (p. 95)

Según Narvaez (2008), “De lo expuesto hasta aquí se puede deducir que el sistema de telecontrol deberá tener las siguientes partes funcionales, tal como se muestra en la figura 7”. (p. 95).

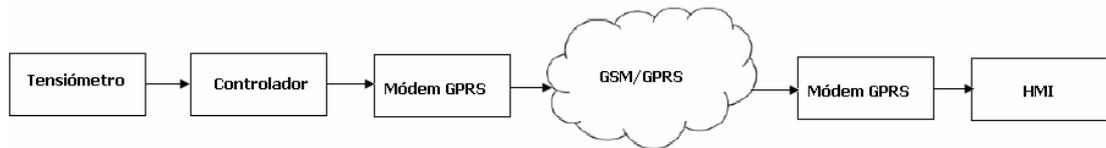


Figura 7. Diagrama de bloques del sistema de comunicación modem a modem a través de la red celular GPRS (Narvaez, 2008).

2.2.5 Descripción del controlador de riego

Los objetivos de los sistemas de control han sido mejorar la productividad mediante:

- Mayor eficiencia del uso de los recursos (de inversión, tiempo, mano de obra etc.)
- Lograr aplicaciones que no son factibles manualmente.
- Mejorar la cantidad y calidad producidas por unidad de costo de producción.

Por estas razones, se requiere de un controlador de riego que maneje conjuntamente la distribución y dosificación del riego y la nutrición del cultivo con la posibilidad de condicionar el riego de acuerdo a factores variables tales como: clima, humedad del suelo, iluminación solar, vientos, lluvia etc., de manera que el controlador será quien determine cuando, cuanto y de qué forma regar los cultivos, basándose en programaciones previamente introducidas por un técnico encargado. Para el presente proyecto ISRARIEGO ha puesto a disposición el sistema de fertilización y riego DISHUNIT mostrado en la figura 8, el cual es administrado por un Controlador integrado denominado GALILEO, de esta manera se logrará controlar el proceso de riego. (Narvaez, 2008, págs. 108, 109)

El controlador podrá determinar el riego de los cultivos en base a variables como clima, humedad, de suelo, iluminación solar, vientos, lluvia, basándose en programaciones introducidas por un técnico encargado.

A. Especificaciones de la unidad de riego y fertilización DISHUNIT



Figura 8. Unidad de riego y fertilización DISHUNIT (Narvaez, 2008).

“El DISHUNIT es una unidad utilizada para el control de riego y fertilización sobre la base de objetivos de CE y pH. Su capacidad, alcance y características se han diseñado de acuerdo a las necesidades del cliente” (Narvaez, 2008, pág. 110).

B. Controlador Galileo Wex

a. Especificaciones generales

Según Narvaez (2008), “Galileo es un controlador de alto rendimiento basados en un procesador Intel®”. (p. 118).



Figura 9. Controlador Galileo (Narvaez, 2008).

Según Narvaez (2008), “Este sistema fue desarrollado por el fabricante Galcon; el mismo que permite realizar varias aplicaciones como: control de clima, control de riego, viveros, etc. este controlador basa su programación en lenguaje C++”. (p. 118)

Tabla 1. Especificaciones generales de hardware (Narvaez, 2008)

Tipo de memoria	Capacidad
EPROM	128k
CMOS RAM	512k
Capacidad para entradas digitales	1024
Capacidad para entradas análogas	640
Capacidad de salidas	1024

b. Descripción del hardware

• Tarjeta del CPU

Según Narvaez (2008), “Esta tarjeta constituye el cerebro del controlador. Incluye además de otros componentes. Esta tarjeta se comunica a su vez con las tarjetas de entrada/salida, así como con una PC”. (p. 194).

- **Pantalla y teclado**

Según Narvaez (2008), “El controlador GALILEO WEX permite realizar la configuración de sus parámetros de control a través de un panel que contiene un teclado y una pantalla que permite visualizar dicha configuración, tal como muestra la figura 10”. (p. 127).



Figura 10. Pantalla y teclado del controlador GALILEO WEX (Narvaez, 2008).

- **Conexión de sensores**

Los datos obtenidos a través del tensiómetro se podrán controlar y monitorear desde una PC, para ello el controlador se conectará a un dispositivo de transmisión de datos capaz de levantar por sí solo la comunicación hacia la PC, debido a que el controlador GALILEO WEX es un Terminal tonto incapaz de levantar la comunicación en forma autónoma.

Por esta razón, se ha seleccionado un *Router* GPRS para realizar la comunicación punto a punto entre el controlador y la PC. Este dispositivo posee un puerto Ethernet (RJ45) para la comunicación y el controlador cuenta con puerto serial, por esta razón será necesario

utilizar un convertidor de puertos Serial a *Ethernet* (Narvaez, 2008, págs. 127, 128).

La transmisión de datos del tensiómetro será posible por medio del puerto RJ-45 del controlador Galileo Wex, hacia el *Router* GPRS

C. Convertidor de Serial – Ethernet IOLAN DS

Este dispositivo de la marca PERLE permite convertir una comunicación serial RS232 a *Ethernet* para ser usada en una red LAN, se compone del conversor y un software que se encarga de administrar un puerto serial virtual que permite establecer la comunicación.

Este conversor está listo para trabajar en conexión directa, ya que implementa los estándares magnéticos requeridos para su adecuado funcionamiento.



Figura 11. Convertidor Serial/Ethernet IOLAN DS11 (Narvaez, 2008).

Se componen de hardware y software. (Narvaez, 2008, págs. 128, 129)

El lenguaje establecido de los controladores programables al transferir información, es por comunicación serial (Rx, Tx), para poder transmitir por la red, es necesario un equipo convertidor como el Convertidor Serial/Ethernet IOLAN DS11

D. Plataforma celular GSM/GPRS

Según Narvaez (2008), “Las facilidades económicas y de cobertura que ofrece esta tecnología GPRS la hace idónea para el desarrollo del presente proyecto”. (p. 135).

ISRARIEGO ha establecido un contrato de servicio de prueba con la compañía de telefonía PORTA, la misma que cumple con todos los requerimientos de cobertura y conectividad para proveer servicio a todos sus clientes. Para la conexión a la red celular de PORTA se necesita de 2 chips para transmisión de datos, estos chips son tarjetas inteligentes usadas en teléfonos móviles que almacenan de forma segura la clave de servicio del suscriptor usada para identificarse ante la red.

A través de los Puntos de acceso que PORTA dispone, los módems celulares pueden transmitir los paquetes a la red Internet pública, o a una red privada, como es el caso del presente sistema. Estos puntos de acceso se denominan APN (Access Point Name). (Narvaez, 2008, pág. 135)

El controlador puede transmitir sus paquetes de datos por medio de la red GPRS de la empresa de telefonía móvil PORTA hacia:

- La internet publica
- La red privada de PORTA

Esto es posible porque el controlador está conectado a un módem celular, capaz de transmitir en las redes privadas móviles.

E. Interfaz hombre maquina (HMI)

Están compuestos por un conjunto de programas y archivos. Hay programas para el diseño y configuración del sistema y otros que son el motor mismo del sistema.

Estos sistemas se los conoce también como *software* HMI o de monitoreo y control de supervisión.

Las señales de los procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/ salidas en los computadores; controladores lógicos programables (PLCs), Unidades Remotas de entrada/salida (RTU), variadores de velocidad de motores, etc (Narvaez, 2008, pág. 140).

El *software* HMI es el puente de comunicación entre el controlador y el usuario final encargado de monitorear y controlar el sistema en cuestión.

a. Funciones de un software HMI

- Monitoreo: es la habilidad de obtener y mostrar datos en tiempo real. Estos datos pueden mostrarse como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- Supervisión: esta función, junto con el monitoreo permite la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- Alarmas: es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control pre-establecidos.
- Registro: es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos datos del proceso a una determinada frecuencia.

El HMI para el presente caso consta de un *software* propietario de los fabricantes del controlador GALCON. Se compone de dos programas, ELGAL CENTER y OPEN FIELD (Narvaez, 2008, págs. 140, 141).

El *software* HMI debe ser capaz de registrar, monitorear, supervisar y generar alarmas. Estas características en

conjunto podrán asegurar el buen desempeño del sistema en general.

F. ELGAL CENTER PC

Según Narvaez (2008), “Permite la comunicación directa con el controlador. Se compone de un programa Cliente y otro programa Servidor. La manipulación del software requiere una llave de Hardware; propia del fabricante GALCON, sin ella no se podría instalar ni ejecutar el programa”. (p. 141).



Figura 12. Pantalla que muestra la interfaz de ambos programas clientes y servidor (Narvaez, 2008).

a. Programa servidor

Según Narvaez (2008), “Esta parte del software es la encargada de conversar con el controlador. Es decir, pide los datos al controlador. La figura 13, muestra la pantalla que despliega este programa”. (p. 142).

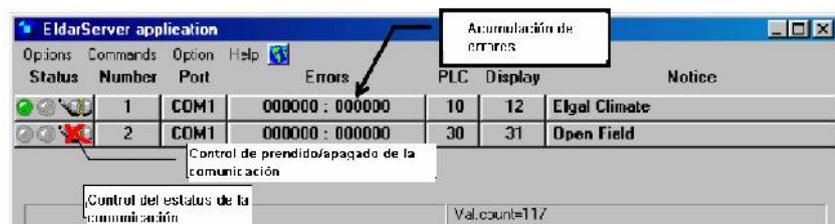


Figura 13. Pantalla que muestra la interferencia (Narvaez, 2008).

Según Narvaez (2008), “Este programa permite establecer la conexión del controlador a la PC, asignando a cada controlador un puerto COM. Permite añadir/quitar controladores, así como registrar las propiedades de los mismos, tal como muestra la figura 14”. (p. 142).

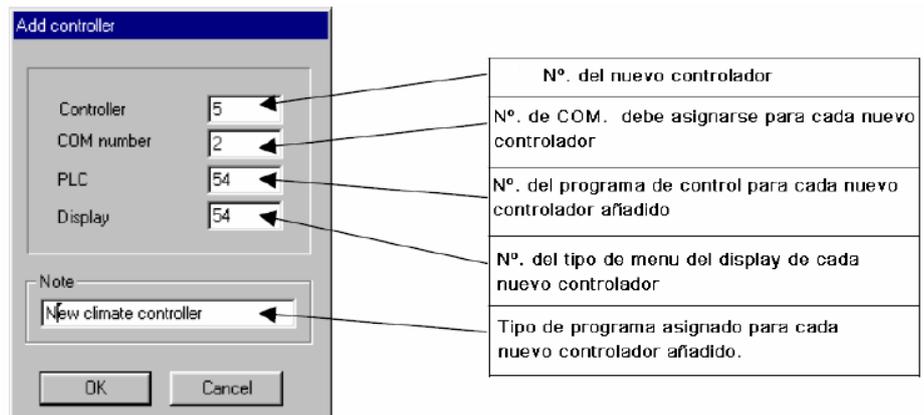


Figura 14. Pantalla de configuración para la conexión de controladores añadidos (Narvaez, 2008).

Según Narvaez (2008), “Permite cambiar los parámetros de cada uno de los controladores instalados en el servidor tal como muestra la figura 14”. (p. 142).

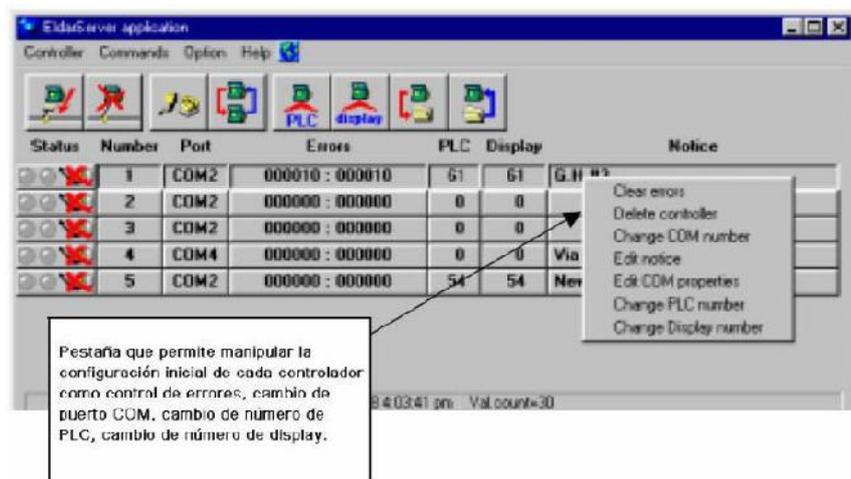


Figura 15. Pantalla de configuración de los parámetros de cada controlador (Narvaez, 2008).

Según Narvaez (2008), “En cuanto a las actualizaciones automáticas, un controlador conectado al PC puede conectarse a un centro de actualización de reloj cada hora por defecto; sin embargo, el acceso al centro de actualizaciones puede ser cambiado o no utilizarlo”. (p. 144).

b. Programa cliente

Software que pide los datos al servidor, son mostrados en un interfaz de usuario. Este interfaz es propio para cada aplicación y tipo de cultivo y necesita del programa *Open Field*, para ser desplegada.



Figura 16. Ventana de configuración del programa ELGAL CLIENT (Narvaez, 2008).

Este programa permite añadir o quitar los diferentes programas a controlarse por cada controlador, es decir las interfaces gráficas tal como muestra la figura 17. (Narvaez, 2008, pág. 144).

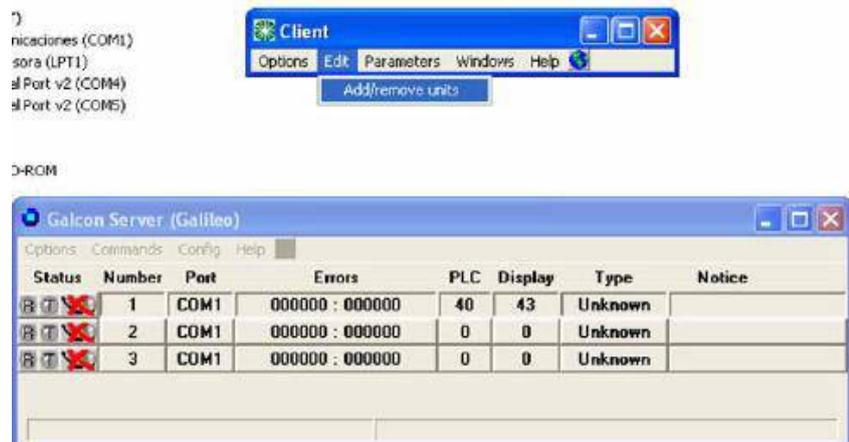


Figura 17. Interfaz de usuario del programa ELGAL CLIENT (Narvaez, 2008).

Mediante la interfaz cliente, puedes enlazar el controlador registrado en el programa servidor al programa cliente con el software de monitoreo y control llamado *Open Field*.

2.2.6 Sistema para el control de irrigación y manejo de abastecimientos de agua de riego *Open Field*

A. Abastecimiento de agua de riego *Open Field*

Según Narvaez (2008), “Campo abierto es una aplicación específica para cultivos que no trabajan bajo invernadero, pues el interfaz de usuario dependerá de la aplicación y tipo de cultivo”. (p. 148).

Al ejecutar estos programas aparece la pantalla con el interfaz gráfico de usuario, en el cual aparecen todas las variables que deben ser controladas o monitoreadas para establecer los programas de riego de acuerdo a los datos obtenidos en la misma:

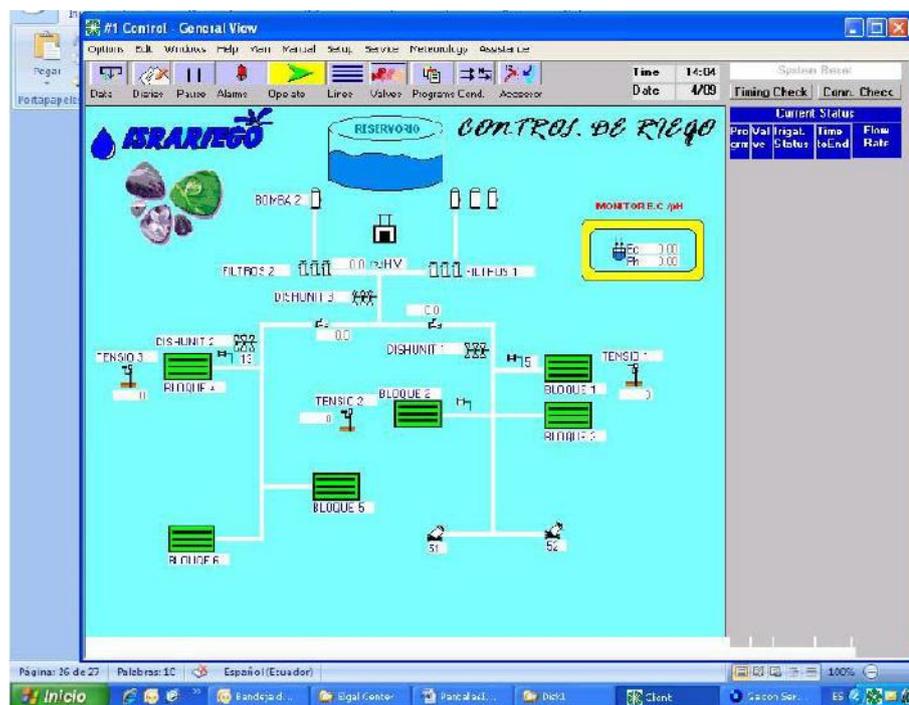


Figura 18. Interfaz gráfico de un programa de riego (Narvaez, 2008).

Este interfaz no es estándar; al contrario, es configurado por cada usuario de acuerdo a los requerimientos y recursos que

tiene su cultivo. En el caso de la figura 18, se visualiza todos los elementos necesarios para establecer los diferentes programas de riego tales como sensores, bombas, filtros, válvulas, etc.

Además, permite realizar un bosquejo de ubicación física de todos los elementos que intervienen en el proceso de riego para cada programa asignado; en este esquema se puede identificar el estado de cada uno de sus elementos, es decir si está o no funcionando adecuadamente, si está prendido o apagado, entre otros. Esta herramienta gráfica se la obtiene mediante un mapa virtual creado por cada usuario tal como se muestra en la figura 19.

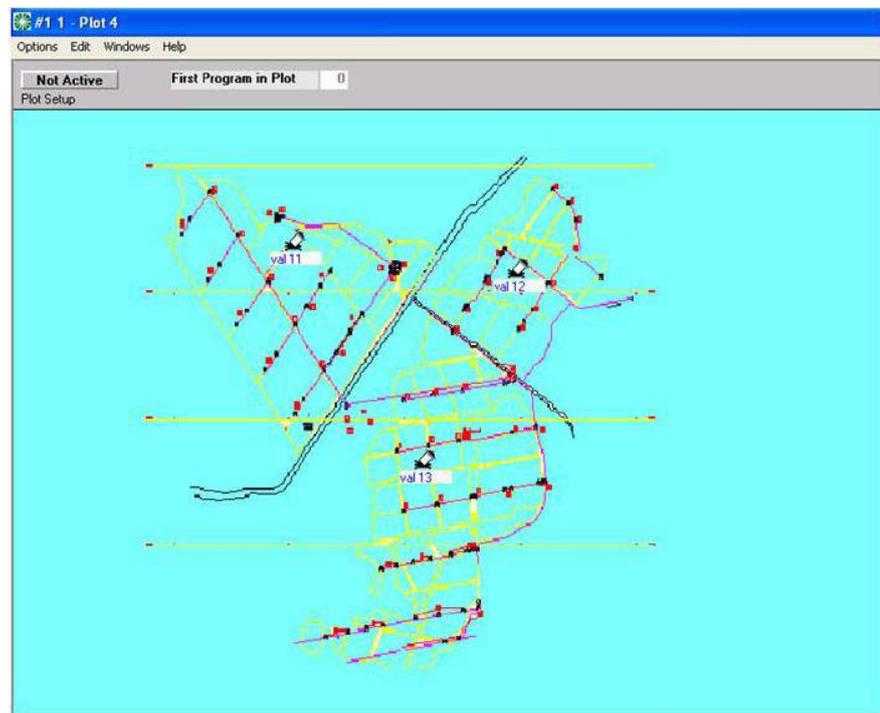


Figura 19. Esquema de ubicación física de los elementos que intervienen en el programa de riego establecido (Narvaez, 2008) (Valdes Martínez, 2007).

Una vez realizada la descripción del diseño del sistema de telecontrol y todos los elementos tanto de software como de hardware empleado en dicho sistema, se procede a la realización de pruebas para comprobar si el presente trabajo es viable para ISRARIEGO, y determinar si satisface las

necesidades de sus clientes. (Narvaez, 2008, págs. 148, 149 150)

Campo abierto es un *software* muy versátil que permite la creación de elementos, para que pueda interactuar el usuario con el controlador de manera visual y personalizada.

2.2.7 Hardware libre

A. Introducción

Se llama hardware libre, hardware de código abierto, electrónica libre o máquinas libres a los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, eso significa que puede ser replicado y usado sin repercutir ningún costo adicional. La filosofía del software libre se aplica también a la de hardware libre, y por eso forma parte de la cultura libre. Un ejemplo de hardware libre es la arquitectura UltraSparc. (Sanchez, 2011).

Se eligió un hardware libre para nuestro proyecto con el objetivo de minimizar a cero costos por derecho a uso. De esta manera, enfocarnos en el desarrollo de los prototipos que permitan la automatización.

B. Hardware informático de código abierto

“El hardware informático de código abierto es un hardware de código abierto de sistemas o componentes informáticos”. (es.wikipedia.org, s.f.).

C. Arduino

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El hardware consta del microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el

Atmega168, Atmega328, Atmega1280, y Atmega8 por bajo coste y la flexibilidad para el desarrollo de nuevos diseños. El software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación, Processing/Wiring, y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa. (arduino.cc, What is arduino?, s.f.).

a. Placas Arduino

- **Arduino uno r3**

Esta versión incorpora el microcontrolador ATmega16U2, permitiendo tasas de transferencia más altas y brinda más memoria. El microcontrolador 16U2 permite que Arduino UNO sea reconocido como un periférico USB.

El Uno R3 incorpora nuevos pines como: SDA, SCL al lado de AREF. Así mismo presenta un par de pines, el IOREF que permite que los shields se adapten al voltaje empleado por la tarjeta y el otro pin está reservado para futuras versiones. El Arduino UNO R3 es la placa arduino más compatible con todos los shields diseñados por Arduino y otros shields compatibles (arduino.cc, Arduino UNO R3, s.f.).



Figura 20. Arduino UNO Rev.3 (arduino.cc, Arduino UNO R3, s.f.)



Figura 21. Arduino Uno SMD Rev3 (arduino.cc, Arduino UNO R3, s.f.)

– **Características**

Tabla 2. Características de Arduino Uno (arduino.cc, Arduino UNO R3, s.f.)

Descripción	Valores
<i>Microcontroller</i>	ATmega328P
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>PWM Digital I/O Pins</i>	6
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	20 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	2 KB (ATmega328P)
<i>EEPROM</i>	1 KB (ATmega328P)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>Length</i>	68.6 mm
<i>Width</i>	53.4 mm
<i>Weight</i>	25 g

Arduino UNO es la placa más popular y compatible dentro de todas las placas Arduino.

- **Arduino Mega ADK**

Está basada en el Arduino MEGA 2560, pero modificada para permitir su uso con la *Android Open Accessory Development Kit* (ADK) de Google ya que dispone de un puerto USB *Host* incorporado.

Arduino MEGA ADK está basada en un microcontrolador ATmega2560. Dispone de un puerto USB *host interface* para conectarlo con dispositivos Android basados en el chip MAX3421e. Consta de 54 pines I/O, 16 entradas analógicas, 4 puertos UARTs (por *hardware*), un cristal de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación Jack, pines para ICSP y un botón de *RESET*.

Tiene un conversor Serial/USB integrado basado en un chip Atmega8U2 (arduino.cc, Arduino MEGA ADK, s.f.).

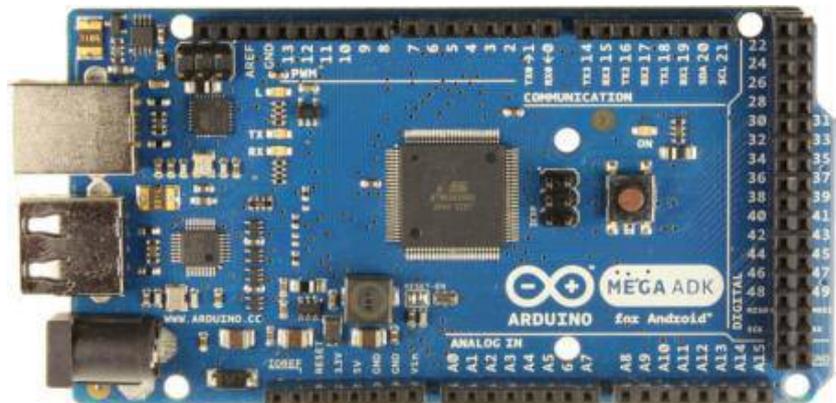


Figura 22. Arduino Mega ADK (arduino.cc, Arduino MEGA ADK, s.f.)

– **Características**

Tabla 3. Características de Arduino Mega ADK

Variable	Descripción
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Microcontroller</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V

<i>Input Voltage (limits)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (of which 15 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	16
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	8 KB
<i>EEPROM</i>	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>USB Host Chip</i>	MAX3421E
<i>Length</i>	101.52 mm
<i>Width</i>	53.3 mm
<i>Weight</i>	36 g

La principal característica de esta tarjeta es que se puede elaborar proyectos con gran cantidad de actuadores, así como conectar a el mismo gran cantidad de sensores digitales o análogos, siempre y cuando se tenga una correcta alimentación a todos los equipos conectados a él, otra característica es que es compatible con varios escudos arduino, también tiene la capacidad de conectarse a dispositivos android desde el puerto USB, una característica no muy bien aprovechada por la comunidad. Actualmente esta característica de conexión con android, ya no cuenta con soporte de parte de la comunidad Arduino.

- **Arduino Nano**

“Es una placa compatible con protoboards, basada en el ATmega328 (Arduino Nano 3.x) o ATmega168 (Arduino Nano 2.x). Carece de una toma de alimentación de DC. Trabaja con un cable USB Mini-B. Fue diseñado y está

siendo producido por Gravitech". (arduino.cc, Arduino Nano, s.f.).

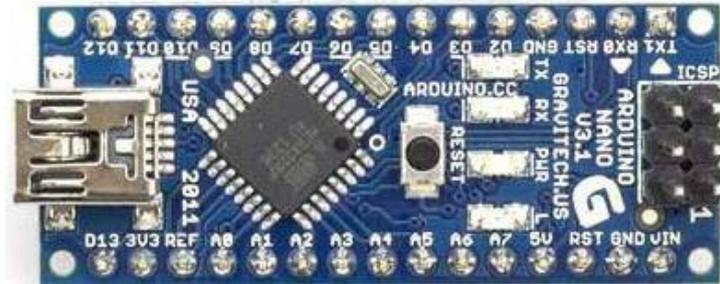


Figura 23. Arduino Nano 3.0

Tabla 4. Características de Arduino Nano 3.0

Descripción	Valores
<i>Microcontroller</i>	Atmel ATmega168 or ATmega328
<i>Operating Voltage (logic level)</i>	5 V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12 V
<i>Input Voltage (limits)</i>	6-20 V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	8
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA
<i>Flash Memory</i>	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
<i>EEPROM</i>	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>Dimensions</i>	0.73" x 1.70"
<i>Length</i>	45 mm
<i>Width</i>	18 mm
<i>Weight</i>	5 g

El Arduino Nano es una de las placas que se deseaba para el proyecto por ser muy pequeña y funcional.

Su principal fortaleza es su pequeño tamaño que lo hace adaptable a diferente tipo de ambientes y proyectos.

Tiene casi todas las características de un Arduino UNO R3 y a pesar de no ser compatible físicamente con casi todos los escudos Arduino como el Arduino Wifi Shield, Ethernet Shield, GSM Shield, no significa que electrónicamente no se puedan comunicar, así como con escudos no oficiales o tarjetas compatibles con comunicación serial (RX, TX).

b. Escudos Arduino

- **Arduino shield GSM**

El Arduino GSM / GPRS Shield permite conectar Arduino a Internet desde casi cualquier lugar. El Arduino GSM / GPRS Shield es capaz de enviar y recibir SMS, realizar y recibir llamadas de voz y de datos. El modulo utiliza el GPRS, que es la red inalámbrica de datos con la mayor cobertura en el mundo para conectarse a Internet. El Arduino GSM / GPRS es compatible con el Arduino Uno, Mega y Mega ADK. Con una pequeña modificación del software se puede utilizar con Arduino Leonardo.

El módulo se suministra con una tarjeta SIM de la compañía "Telefónica Digital" donde se puede comprar un plan mundial de roaming para sus aplicaciones. Sin embargo, el módulo no está bloqueado y se puede utilizar con cualquier proveedor de telecomunicaciones, lo que le permite adquirir un plan y la tarjeta SIM de cualquier operador (arduino.cc, Arduino Shield GSM, s.f.).

El escudo GSM de Arduino venía con un chip m2m, pero nunca se hizo uso de él, debido al alto coste de los planes y por qué contaba con más limitaciones que un chip convencional con planes locales.



Figura 24. Arduino Shield GSM Oficial (arduino.cc, Arduino Shield GSM, s.f.)



Figura 25. Arduino UNO + Arduino Shield GSM (arduino.cc, Arduino Shield GSM, s.f.)

– **Requerimientos de energía**

Se recomienda que la placa se alimente con una fuente de alimentación externa que puede

proporcionar entre 700 mA y 1000 mA como mínimo. Encender un Arduino y el escudo GSM con una conexión USB no es recomendable, la conexión USB no puede proporcionar la corriente requerida para cuando el módem está en uso intensivo.

El módem puede tener picos de hasta 2A de corriente en uso máximo, que puede ocurrir durante la transmisión de datos. Esta corriente se proporciona a través del condensador grande de color naranja en la superficie de la placa. (arduino.cc, Arduino Shield GSM, s.f.).

Esta placa Arduino sirvió como base para la investigación en el desarrollo de prototipos GSM para nuestro proyecto, así como para entender cómo funciona las redes móviles, sus capacidades, sus limitaciones y de qué manera podríamos establecer comunicación entre el microcontrolador y un proyecto web en la internet pública o privada.

Para usar este escudo se tuvo complicaciones sobre todo en la alimentación.

- **Arduino Shield Ethernet**

El Arduino Ethernet Shield permite una placa Arduino para conectarse a internet. Se basa en el chip ethernet Wiznet W5100 (hoja de datos). El Wiznet W5100 Proporciona una red (IP) con capacidad de TCP y UDP. Soporta hasta cuatro conexiones de socket simultáneas. Utilice la biblioteca de *Ethernet* para escribir bocetos que se conectan a Internet a través de la pantalla. El escudo de *Ethernet* se conecta a una placa Arduino usando largas encabezados por arrollamiento de hilo que se extienden a través del escudo. Esto mantiene la

disposición de pines intacta y permite que otro escudo para ser apilados en la parte superior.

El escudo tiene una conexión *Ethernet* RJ-45 estándar, con un transformador de línea integrada y alimentación a través de *Ethernet* habilitado.

Hay una ranura para tarjetas micro-SD de a bordo, que se puede utilizar para almacenar archivos para servir a través de la red. Es compatible con el Arduino uno y mega (utilizando la librería Ethernet). El lector de tarjetas microSD a bordo es accesible a través de la Biblioteca SD. Cuando se trabaja con esta biblioteca, SS es el Pin 4. La revisión original del escudo contiene una ranura para tarjetas SD de tamaño completo; esto no es compatible. (arduino.cc, Arduino Shield Ethernet, s.f.).

Este escudo *ethernet*, diseñado para Arduino, se utilizó durante el proceso de elaboración de un prototipo que pueda recibir solicitudes desde internet. Para ello era necesario colocarlo en modo servidor y abrir los puertos del *router* con conexión ADSL, al cual debe estar conectado.

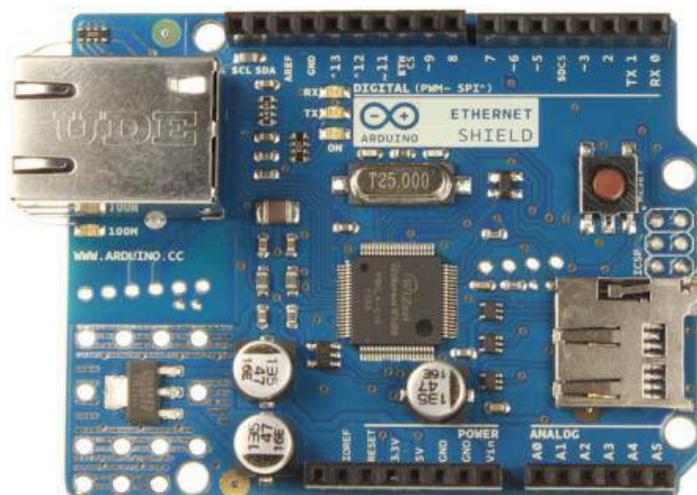


Figura 26. Arduino Shield Ethernet (arduino.cc, Arduino Shield Ethernet, s.f.)

Tabla 5. Características de Arduino Shield Ethernet (arduino.cc, Arduino Shield Ethernet, s.f.)

CARACTERÍSTICAS
<i>Requires an Arduino board (not included)</i>
<i>Operating voltage 5V (supplied from the Arduino Board)</i>
<i>Ethernet Controller: W5100 with internal 16K buffer</i>
<i>Connection speed: 10/100Mb</i>
<i>Connection with Arduino on SPI port</i>

- **Arduino Yun**

El Arduino Yun es una placa electrónica basada en el ATmega32u4 y Atheros AR9331. El procesador Atheros es compatible con una distribución Linux basada en OpenWrt llamado OpenWrt-Yun. La placa fue fabricada con soporte para WIFI y Ethernet, un puerto USB-A, una ranura para tarjeta micro-SD, 20 pines digitales de Entrada/Salida (de los cuales 7 se pueden utilizar como salidas PWM y 12 como entradas analógicas), un cristal de 16 MHz oscilador, una conexión micro USB, una cabecera ICSP, y un 3 botones de reinicio.



Figura 27. Arduino Yun

En algunos países, está prohibido vender dispositivos habilitados para WIFI sin la aprobación del gobierno. A la espera de la certificación adecuada, algunos distribuidores locales tienen deshabilitado la funcionalidad WIFI. Consulte con su proveedor antes de comprar un Yun si usted cree que puede vivir en un país así. Si desea desactivar WiFi.

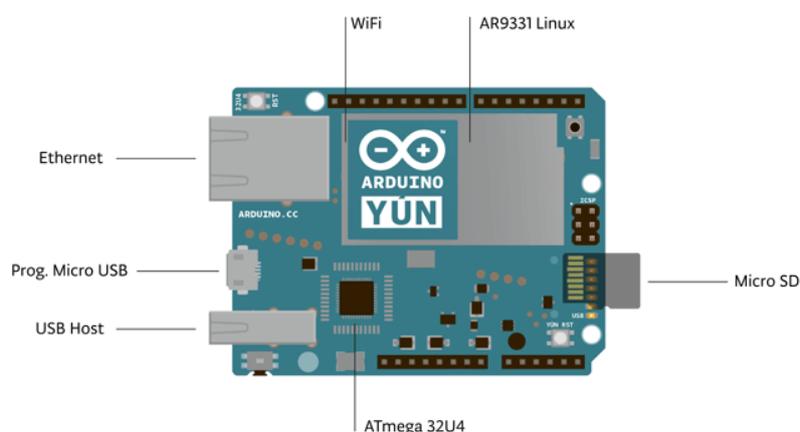


Figura 28. Partes de Arduino Yun

Arduino Yun se distingue de otras placas Arduino en que se puede comunicar con la distribución de Linux incorporado, ofreciendo un equipo en red de gran alcance con la facilidad de Arduino. Además, de los comandos de Linux como `cURL`, puede escribir sus propios comandos para Linux y *scripts* de *python* para las interacciones fuertes (arduino.cc, Arduino Yun, s.f.).

Esta tarjeta se caracteriza por contar con conectividad wifi, *ethernet*, así como un puerto USB donde se puede conectar, por ejemplo, discos duros externos, *webcams*, etc. Posee una ranura SD, por lo que también se puede guardar información, como por ejemplo de sensores en algún archivo de texto. Estas características hacen de Arduino Yun muy flexible al momento de decidir la arquitectura definitiva para los proyectos no siendo una

opción económica, pero muy funcional y bastante completa para prototipos de buen rendimiento.

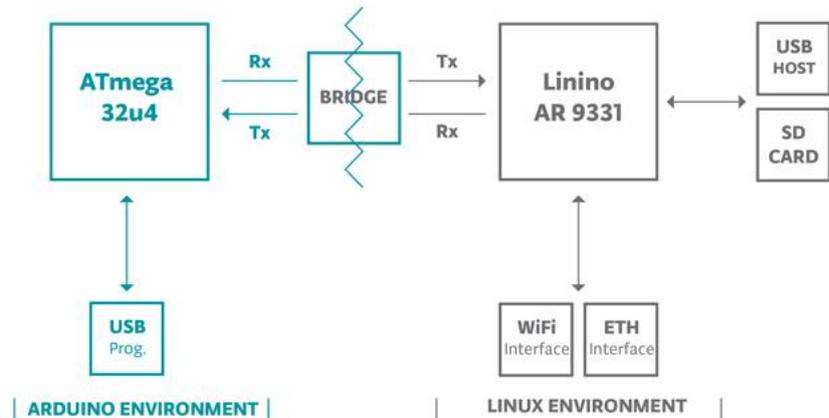


Figura 29. Comunicación serial entre los procesadores ATmega32u4 y linino AR 9331

La biblioteca puente facilita la comunicación entre los dos procesadores, dando Arduino esboza la posibilidad de ejecutar scripts de *shell*, comunicarse con las interfaces de red, y recibir información desde el procesador AR9331. El host USB, interfaces de red y tarjeta SD no están conectados a la 32U4, pero el AR9331, y la biblioteca Bridge también permite al Arduino para interactuar con los periféricos. (arduino.cc, Arduino Yun, s.f.).

Esta potente tarjeta posee 2 procesadores, del cual podemos resaltar el Linino AR9331 que opera con sistema operativo Linux *OpenWrt*.

Tabla 6. Especificaciones del microcontrolador AVR Arduino

AVR Arduino microcontroller	
<i>Microcontroller</i>	ATmega32U4
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage</i>	5
<i>Digital I/O Pins</i>	20
<i>PWM Channels</i>	7
<i>Analog Input Pins</i>	12
<i>DC Current per I/O Pin</i>	40 mA

<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB (of which 4 KB used by bootloader)
<i>SRAM</i>	2.5 KB
<i>EEPROM</i>	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

Tabla 7. Especificaciones del microprocesador Linux

<i>Linux microprocessor</i>	
<i>Processor</i>	Atheros AR9331
<i>Architecture</i>	MIPS @400MHz
<i>Operating Voltage</i>	3.3V
<i>Ethernet</i>	IEEE 802.3 10/100Mbit/s
<i>WiFi</i>	IEEE 802.11b/g/n
<i>USB Type-A</i>	2.0 Host
<i>Card Reader</i>	Micro-SD only
<i>RAM</i>	64 MB DDR2
<i>Flash Memory</i>	16 MB
<i>SRAM</i>	2.5 KB
<i>EEPROM</i>	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>PoE compatible 802.3af card support</i>	See Power

c. Entorno de desarrollo de Arduino 1.6.5

El *software* de Arduino (Arduino IDE) hace que sea fácil de escribir código y subirlo a la placa. Se ejecuta en *Windows*, *Mac OS X* y *Linux*. El entorno está escrito en *Java* y basadas en el procesamiento y el otro *software* de código abierto.

Este *software* se puede utilizar con cualquier placa Arduino original o compatible.

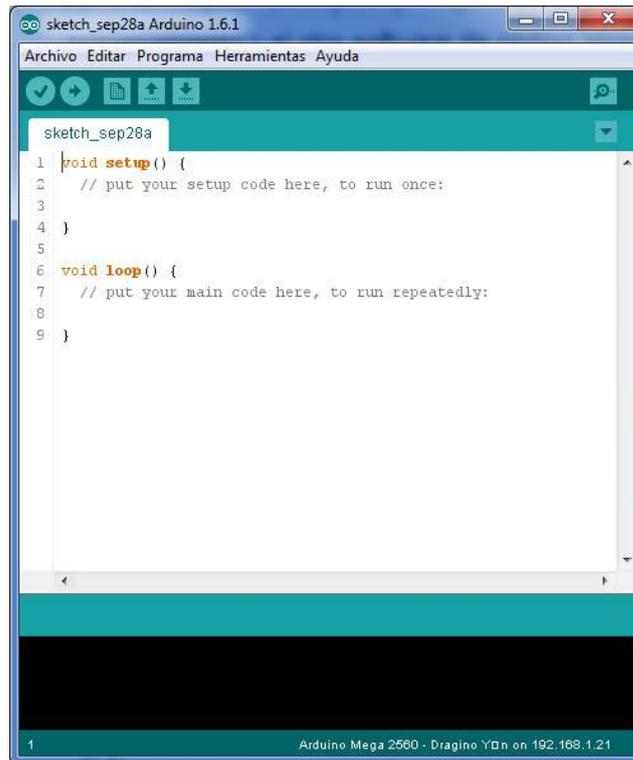


Figura 30. Entorno de desarrollo Arduino IDE

2.2.8 Sensores

A. Análogos

a. Sensor de humedad de tierra casero de GardenBot.com

(Andrew, 2012) “Usted está construyendo un sensor de humedad del suelo barato, así que el cerebro leerá la cantidad de humedad en el suelo. La versión que construimos es de baja tecnología, pero también es muy barato y fácil de construir”.

(Andrew, 2012) “Se compone de un bloque de embalaje de espuma con un par de clavos metidas en ella. Lo mejor es que es posible utilizar materiales recuperados en gran parte de su construcción”.



Figura 31. Sensor de humedad casero de GardenBot.com

Según Andrew (2012), “Si usted navega por la web, se pueden encontrar muchos otros tipos de sensor de humedad del suelo - algunos hechos en casa, algunos comerciales”. (p.1)

Suministros:

Alambre de acero galvanizado - 12 de calibre o equivalente.

Bloque de espuma de embalaje (por ejemplo, dentro de una caja del producto y electrónica para el hogar) - el tipo ligeramente flexible es mejor (menos frágil que la espuma de poliestireno)

Soldador y soldadura.

Alambres de plomo

La idea general es que queremos dos sondas - barras de metal, mantienen casi igual distancia entre sí, que podemos enterrar en el suelo. Vamos a necesitar un material no conductor de electricidad para ayudar a mantener las barras en su posición fija. Y también vamos a querer las sondas a estar aislados por todas partes excepto donde queremos tomar una lectura (Andrew, 2012, p. 1).

El autor Andrew (2012), creador de GardenBot.org, recopiló métodos para la construcción de un sensor resistivo de humedad de tierra de baja tecnología y costo, para añadirlo a su proyecto basado en arduino.

b. Fotorresistencia LDR (sensor de luz)

Según (Wikipedia.org, s.f.), “Un fotorresistor o LDR es un componente electrónico cuya resistencia varía en función de la luz. La resistencia de un LDR es bajo cuando hay luz (hasta 50 ohm) y muy alto cuando está a oscuras”.



Figura 32. Resistencia LDR (Wikipedia.org, s.f.)

c. Termistor NTC

Los termistores son resistores térmicamente sensibles, usados como sensor de temperatura analógica. Existen dos tipos de termistores según la variación de la resistencia/coeficiente de temperatura, pueden ser negativos (NTC) o positivos (PTC).

Son fabricados a partir de los óxidos de metales de transición (manganeso, cobalto, cobre y níquel) los termistores NTC son semiconductores dependientes de la temperatura. Operan en un rango de -200°C a $+1000^{\circ}\text{C}$.

Un termistor NTC debe elegirse cuando es necesario un cambio continuo de la resistencia en una amplia gama de temperaturas. Ofrecen estabilidad mecánica, térmica y eléctrica, junto con un alto grado de sensibilidad.

La excelente combinación de precio y el rendimiento ha dado lugar a una amplia utilización de los termistores NTCs en aplicaciones tales como medición y control de temperatura, compensación de temperatura y medición del flujo de fluidos. (Romero Del Rosario, 2015, pág. 1)

El termistor es un sensor resistivo análogo. Es una opción económica y muy útil para el prototipado de proyectos electrónicos.



Figura 33. Termistor NTC 100E (shop.rabtron.com.za, s.f.)

B. Digitales

a. BMP085

BMP085 es un sensor de presión atmosférica y temperatura de alta precisión, con un consumo de energía ultra bajo. Se puede aplicar a los dispositivos móviles.

A través del bus I2C, se puede conectar directamente con una variedad de microprocesadores.



Figura 34. Sensor de presión atmosférica y temperatura BMP085 (Anónimo, s.f.)

Tabla 8. Especificaciones del sensor BMP085

Especificaciones	
Rango de Presión:	300-1100hpa (Altura 9000 m Para -500 M)
La tensión de alimentación:	1.8 V-3.6 V (vdda) 1.62 V-3.6 V (vddd)
LCC8 Embalaje:	Cerámica sin plomo paquete (LCC)
Tamaño	5.0 mm x 0.0 x 1.2mm
Bajo consumo de Energía	5µa En el modo estándar
Alta precisión:	Low - power mode, the resolution of 0.06hPa (0.5 m).
Alta linealidad, El modo La resolución es	0.03hPa (0.25 M)
Con Temperatura de salida Interfaz I2C	
Compensación de temperatura.	
Sin plomo ROHS.	
MSL 1.	
Tiempo de respuesta:	7.5ms.
Corriente en reposo:	0.1µA.
Tamaño de Modulo:	2cm X 1.57cm

(<http://www.dx.com>, s.f.)

BMP085 es un sensor digital muy completo, con capacidad a lecturas de la temperatura, presión atmosférica y puede ser usado como altímetro.

b. DHT11

El sensor DHT11 es un sensor básico y el más utilizado para implementarlo con Arduino, estos sensores están compuestos en dos partes, un sensor de humedad capacitivo y un termistor, también constan de un circuito integrado básico en el interior que hace la conversión de análogo a digital y este envía una señal digital con la temperatura y la humedad.

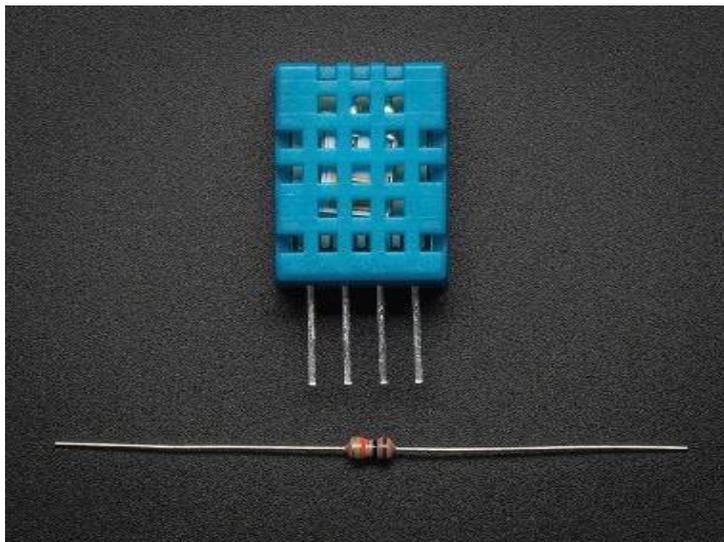


Figura 35. Sensor de temperatura y humedad DHT11 (Adafruit.com, s.f.)

DHT11 es un sensor digital muy completo, con capacidad a lecturas de la temperatura y humedad relativa del ambiente.

c. BH1750FVI

Según Giltesa (2013), “El BH1750FVI, es un sensor digital que se comunica por I2C, permite obtener una lectura de 1 a 65.535 lux con una precisión de 1 lux”.

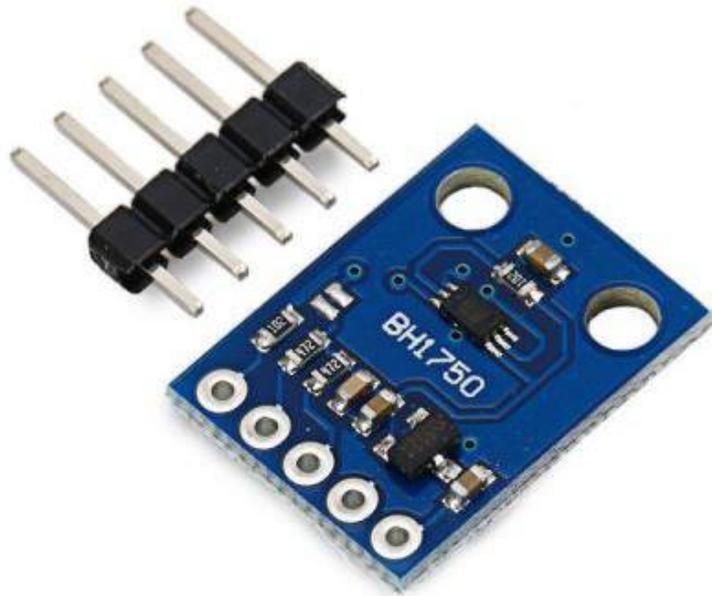


Figura 36. Sensor de luz ambiental DH1750 (core-electronics.com.au, s.f.)

BH1750FVI es un sensor digital de alta precisión con capacidad a lecturas de 1 LUX A 65.535 LUX, compatible con Arduino Nano y Arduino Uno. Tiene problemas de compatibilidad con Arduino Mega, y Arduino Mega ADK siendo imposible obtener lecturas del sensor por incompatibilidades con las librerías o con el mismo microcontrolador.

2.3 MARCO METODOLÓGICO

2.3.1 Tipo de investigación

A. Investigación aplicada tecnológica

La investigación aplicada tecnológica, se entiende como aquella que genera conocimientos o métodos dirigidos al sector productivo de bienes y servicios, ya sea con el fin de mejorarlo y hacerlo más eficiente, o con el fin de obtener productos nuevos y competitivos en dicho sector.

Sus productos pueden ser prototipos y hasta eventualmente artículos científicos publicables. En el caso de esta tesis, la investigación tecnológica se realizaría alrededor del desarrollo de una solución integral informática para automatizar el riego de un predio agrícola para optimizar la producción y pretendería convertir este desarrollo en un producto comercial a futuro.

2.3.2 Metodología de la investigación

A. Introducción

Comprendiendo las características del proyecto (conformado por hardware programable y desarrollo de software) y entendiendo que se usará en simultaneo diferentes tecnologías para nuestro propósito, decidimos usar una metodología evolutiva para el desarrollo de los prototipos hardware, que nos permitirá realizar cambios rápidos y pertinentes para un desarrollo más flexible mientras se va investigando en el uso de hardware libre, este desarrollo estará orientado hacia las funcionalidades (casos de uso) de un futuro software que sea capaz de comunicarse con los prototipos hardware.

Seguiremos una aproximación al paradigma de desarrollo de software AUP (*Agiles Unified Process*)

a. Elección del microcontrolador

En un inicio, entendimos que necesitábamos ciertos conocimientos de microcontroladores para poder lograr la automatización deseada para un futuro sistema de riego.

Gracias a una presentación hecha en la Universidad de Ciencias y Humanidades referente al hardware libre, Arduino, y que existe una gran comunidad en internet que da soporte a este hardware respecto a su uso, entendimos que estos dispositivos eran los indicados para poder realizar nuestras primeras pruebas que nos conllevaría a poder tener nuestros primeros prototipos capaces de encender o apagar dispositivos eléctricos de mayor voltaje y amperaje.

Tuvimos que conseguir los famosos Shields de Arduino, que le daban un valor agregado a la automatización, con la promesa de que podríamos encender remotamente cualquier dispositivo a distancia. Fue así que fuimos entendiendo el uso de estos dispositivos por un largo proceso de ensayo y error, probando y entendiendo sus limitaciones en el envío y recepción de datos de las respectivas tarjetas de red como lo son, GSM Shield, Ethernet Shield, Wifi Shield, así como tarjetas inalámbricas compatibles con comunicación Serial.

b. Primeras pruebas hardware

Empezamos por la parte electrónica, debido a que primero deberíamos compensar las limitaciones electrónicas que imposibilitaban el desarrollo entero de la solución.

Inicialmente el desarrollo evolutivo (hardware) se enfocó en lograr puentes de comunicación entre el hardware y el futuro software.

Muchos inconvenientes empezaron al momento de intentar desarrollar los prototipos hardware, muchas de nuestras ideas iniciales siendo diezmadas por no poder comprender correctamente como funciona las redes móviles, la interacción entre la internet pública y la internet privada de las operadoras de telecomunicaciones en Perú, así como las limitaciones de nuestros conocimientos electrónicos, nos hacían errar al momento del desarrollo del prototipado.

c. Primeras pruebas de software

Paralelamente mientras encontrábamos un nuevo camino hardware para conseguir la automatización, deberíamos ir desarrollando prototipos software rápidamente, que puedan soportar el envío de datos remotos, así como la visualización de datos de los sensores conectados a los microcontroladores, lo más cercano a ser en tiempo real.

d. Primera versión de la solución

Concluimos en una primera versión pequeña de la solución de regadío, que se podía usar, pero sin una base de datos en concreto que soporte al sistema, más que un simple login de acceso, para un único usuario.

Inicialmente el desarrollo del proyecto quedaría aquí, ya que cumplía con el objetivo inicial que era simplemente “llegar a regar a distancia” y una interfaz gráfica con que el usuario (el agricultor) pudiera interactuar.

e. Análisis y diseño

Una vez conseguido la automatización remota y los primeros puentes de comunicación, iniciamos con el análisis

del futuro software que debería soportar en general la solución.

El análisis inicial se realizó basado en las limitaciones de comunicación de los dispositivos hardware Arduino y el presupuesto.

Sucedía que después del análisis y diseño. En la etapa de desarrollo del sistema, encontrábamos nuevas soluciones a nuestras limitaciones iniciales respecto al hardware Arduino, por lo cual, hizo que retrocediéramos nuevamente.

Un cambio en el hardware, representaba un cambio nuevo en el software.

f. Cambios en el hardware

El desarrollo evolutivo (hardware) se enfocó en el análisis de la futura aplicación web, ya que el desarrollo de estos está dirigido a los requisitos funcionales, sin embargo, al mismo tiempo, el desarrollo software estaba limitado por las posibilidades de sacar versiones hardware eficientes que puedan cumplir los requisitos funcionales iniciales, y la manera en que estos dispositivos puedan comunicarse con el software de cada versión de la solución.

g. Repetir ciclo

La idea inicial del sistema de riego y el objetivo final en algún momento de la tesis estaba enfocado solamente a que "pueda regar a distancia o desde un pc conectado físicamente al hardware". Posteriormente, pensando en un futuro sistema completo, hizo que sigamos en la investigación hardware y en el proceso de análisis y diseño que corresponde a la metodología AUP, aun así, el desarrollo del hardware influía de sobremanera al desarrollo

del software. Es como si el método evolutivo encapsulara micro fases diseño, desarrollo y pruebas del software web correspondientes al paradigma de desarrollo de software AUP, para que sea compatibles con cada versión nueva del hardware, producto del uso del método evolutivo, en conclusión, se debe repetir parte de la fase de diseño, desarrollo y pruebas por los cambios significativos en el hardware prototipado con Arduino.



Figura 37. Ciclo de desarrollo evolutivo para prototipado y programación hardware

h. Cambios radicales enteros de la solución

Las mejoras que pudimos obtener costo-beneficio respecto al hardware libre, la arquitectura de red y mejores opciones que los *Shields* oficiales de Arduino, influyeron de sobremanera en el desarrollo de software y en el análisis inicial que solo estaba enfocado en los primeros prototipos hardware que no tomaban en cuenta las limitaciones iniciales de hardware.

Fueron necesarios los cambios, ya que lo que se buscaba es un buen producto, costo-beneficio tecnológicamente hablando.

Cada versión de la solución completa, fue muy importante para el siguiente nuevo desarrollo.

- **Hardware**

- Arduino: Hardware, prototipado y programación
- Shields: GSM Shield (Lenguaje AT-COMMAND), *Ethernet Shield* (librerías Arduino para las *Shields* oficiales), estos dispositivos entraban en dos modos de comunicación (modo *Client*, modo *Server*) para envío, recepción y solicitud de datos.
- Compatibles: ESP8266 (Lenguaje AT-COMMAND), YUN SHIELD.

- **Software**

- Sistema Web: PHP 5.5, nuevos *frameworks* de desarrollo (*bootstrap*, *codeigniter*)

- **Comunicaciones**

- Arquitectura de Red: Internet Privada, Internet Pública.

Cada nueva versión de la solución (*hardware*, *software*) retroalimentaba nuestros conocimientos y muchas mejoras para las siguientes versiones de la solución completa del proyecto.

Muchas veces tuvimos que reutilizar los mismos componentes hardware de las versiones antiguas de la solución, por lo que sería muy difícil actualmente levantar las versiones antiguas.

El proyecto con todas las mejoras realizadas en la parte *hardware* nos hicieron concluir su gran alcance respecto a

otras diferentes arquitecturas de telecomunicación usadas en versiones anteriores de la solución, así que la última versión de la solución, corresponde al uso de diferentes tipos de *Shields* de comunicación oficiales y no oficiales de Arduino, así como tarjetas compatibles con comunicación serial, esto representaría dejar de hacer cambios en el desarrollo de software significativos, cada vez que se necesite cambiar la arquitectura de hardware que corresponde a circuiterías en general, en el prototipado electrónico de las tarjetas Arduino.

i. Última versión de la solución

Es así que la última versión software lo consideramos como un producto software capaz de monitorear y controlar múltiples microcontroladores a distancia (Arduino + sensores, actuadores) y siendo esta multiusuario y soportado por una base de datos, producto del análisis inicial.

j. Consideraciones

Un cronograma de actividades se hace incompatible con el método evolutivo, que encapsula "micro fases AUP" para el desarrollo y los objetivos del proyecto.

En un inicio, se intentó sacar un cronograma de actividades para el proyecto, pero el método evolutivo empleado para realizar los prototipos hardware con Arduino, lo hizo imposible, ya que se debía investigar, ensamblar, programar, probar y evaluar muchas veces, **véase figura 37**, para obtener los resultados esperados en cada fase y los cambios respectivos que representaba cada avance, ósea, un nuevo objetivo.

B. Método evolutivo

El desarrollo evolutivo es una metodología de desarrollo de software muy relacionada con, pero claramente distinta de, desarrollo por prototipos. El énfasis está puesto sobre la importancia de obtener un sistema de producción flexible y expansible. Entonces, si los requerimientos cambian durante el desarrollo del sistema, entonces con un mínimo de esfuerzo y tiempo se puede desarrollar un sistema de trabajo flexible.

La diferencia fundamental entre desarrollo evolutivo y prototipos de software es que el desarrollo evolutivo busca reemplazar el viejo sistema con uno nuevo que tendría la propiedad de satisfacer los nuevos requerimientos lo más rápido posible. En contraste, los prototipos, usan un enfoque iterativo solo para determinar los requerimientos generacionales. Por lo tanto, el tiempo tomado entre cada iteración es mucho más importante para el desarrollo evolutivo.

- **Cambio Continuo**

Un programa que se utiliza en un ambiente del mundo real debe cambiar o será cada vez menos útil en ese ambiente.

- **Complejidad creciente**

A medida que un programa en evolución cambia, su estructura se hace más compleja, a menos que se lleven a cabo esfuerzos activos para evitar este fenómeno.

- **Evolución del programa**

La evolución del programa es un proceso autor regulador, y una medición de atributos del sistema, como el tamaño, el tiempo entre versiones, el número de errores advertidos, etc., revela las tendencias estadísticas significativas y las características invariantes.

- **Conservación de la estabilidad organizativa**

Durante el tiempo de vida de un programa, su rapidez de desarrollo es casi constante e independiente de los recursos dedicados al desarrollo del sistema.

- **Conservación de la familiaridad.**

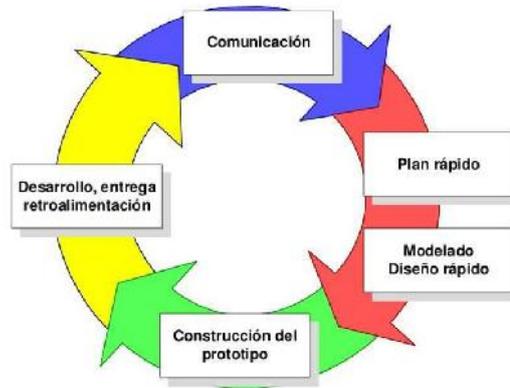


Figura 38. Fases para el método de desarrollo evolutivo para prototipos.

C. Proceso Unificado Racional (AUP)

a. Ciclo de vida

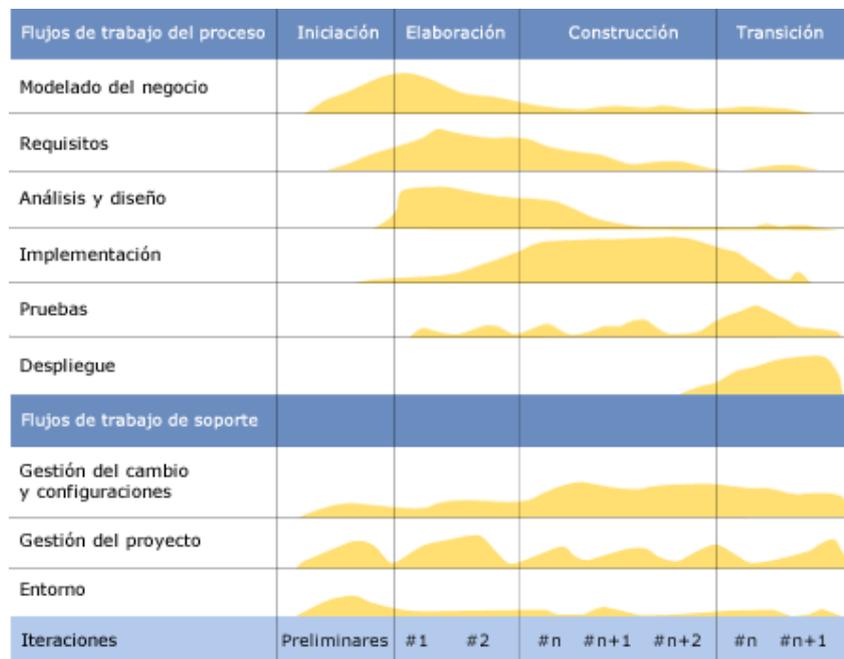


Figura 39. Esfuerzo en actividades según fase del proyecto

El ciclo de vida AUP es una implementación del desarrollo en espiral. Fue creado ensamblando los elementos en secuencias semi-ordenadas. El ciclo de vida organiza las tareas en fases e iteraciones.

AUP divide el proceso en cuatro fases, dentro de las cuales se realizan varias iteraciones en número variable según el proyecto y en las que se hace un mayor o menor hincapié en las distintas actividades. En la figura muestra cómo varía el esfuerzo asociado a las disciplinas según la fase en la que se encuentre el proyecto AUP.

Las primeras iteraciones (en las fases de Inicio y Elaboración) se enfocan hacia la comprensión del problema y la tecnología, la delimitación del ámbito del proyecto, la eliminación de los riesgos críticos, y al establecimiento de una *baseline* (Línea Base) de la arquitectura.

Durante la fase de inicio las iteraciones hacen mayor énfasis en actividades de modelado del negocio y de requisitos.

En la fase de elaboración, las iteraciones se orientan al desarrollo de la *baseline* de la arquitectura, abarcan más los flujos de trabajo de requisitos, modelo de negocios (refinamiento), análisis, diseño y una parte de implementación orientado a la *baseline* de la arquitectura.

En la fase de construcción, se lleva a cabo la construcción del producto por medio de una serie de iteraciones.

Para cada iteración se seleccionan algunos Casos de Uso, se refinan su análisis y diseño y se procede a su implementación y pruebas. Se realiza una pequeña cascada para cada ciclo. Se realizan iteraciones hasta que se termine la implementación de la nueva versión del producto.

En la fase de transición se pretende garantizar que se tiene un producto preparado para su entrega a la comunidad de usuarios.

Como se puede observar en cada fase participan todas las disciplinas, pero dependiendo de la fase el esfuerzo dedicado a una disciplina varía.

b. Principales características

- Desarrollo iterativo
- Administración de requisitos
- Uso de arquitectura basada en componentes
- Control de cambios
- Modelado visual del software
- Verificación de la calidad del software
- Pretende implementar las mejores prácticas en Ingeniería de Software, de forma que se adapte a cualquier proyecto

El RUP es un producto de Rational (IBM). Se caracteriza por ser iterativo e incremental, estar centrado en la arquitectura y guiado por los casos de uso. Incluye artefactos (que son los productos tangibles del proceso como, por ejemplo, el modelo de casos de uso, el código fuente, etc.) y roles (papel que desempeña una persona en un determinado momento, una persona puede desempeñar distintos roles a lo largo del proceso).

c. Artefactos

RUP en cada una de sus fases (pertenecientes a la estructura dinámica) realiza una serie de artefactos que sirven para comprender mejor tanto el análisis como el diseño del sistema (entre otros). Estos artefactos (entre otros) son los siguientes:

Inicio:

- Documento visión
- Diagramas de caso de uso
- Especificación de requisitos
- Diagrama de requisitos

Elaboración:

- Documento arquitectura que trabaja con las siguientes vistas:
 - **Vista Lógica**
 - Diagrama de clases
 - Modelo E-R (Si el sistema así lo requiere)
 - **Vista de Implementación**
 - Diagrama de secuencia
 - Diagrama de estados
 - Diagrama de colaboración
 - **Vista Conceptual**
 - Modelo de dominio
 - **Vista física**
 - Mapa de comportamiento a nivel de hardware.
- Diseño y desarrollo de casos de uso, o flujos de casos de uso arquitectónicos
- Pruebas de los casos de uso desarrollados, que demuestran que la arquitectura documentada responde adecuadamente a requerimientos funcionales y no funcionales.

Construcción:

- Especificación de requisitos faltantes
- Diseño y desarrollo de casos de uso y/o flujos de acuerdo con la planeación iterativa

- Pruebas de los casos de uso desarrollados, y pruebas de regresión según sea el caso

Transición:

- Pruebas finales de aceptación
- Puesta en producción
- Estabilización

2.4 MARCO LEGAL

Para la legalidad y conformidad para el desarrollo de este proyecto de automatización de un sistema de monitoreo y control de riego para producción de hortalizas, para optimizar la producción de una parcela agrícola. La ley N° 28585, 'Ley que crea el Programa de Riego Tecnificado', respalda este trabajo indicando lo siguiente:

Aprueban Reglamento de la Ley N° 28585, Ley que crea el Programa de Riego Tecnificado

DECRETO SUPREMO N° 004-2006-AG EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, mediante la Ley N° 28585 se declara de necesidad y de utilidad pública la creación del Programa de Riego Tecnificado para promocionar el reemplazo progresivo de los sistemas de riego tradicionales en el sector agrícola en general.

2.5 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

2.5.1 Arquitectura de los prototipos con Arduino

A. Nodo Datalogger GSM

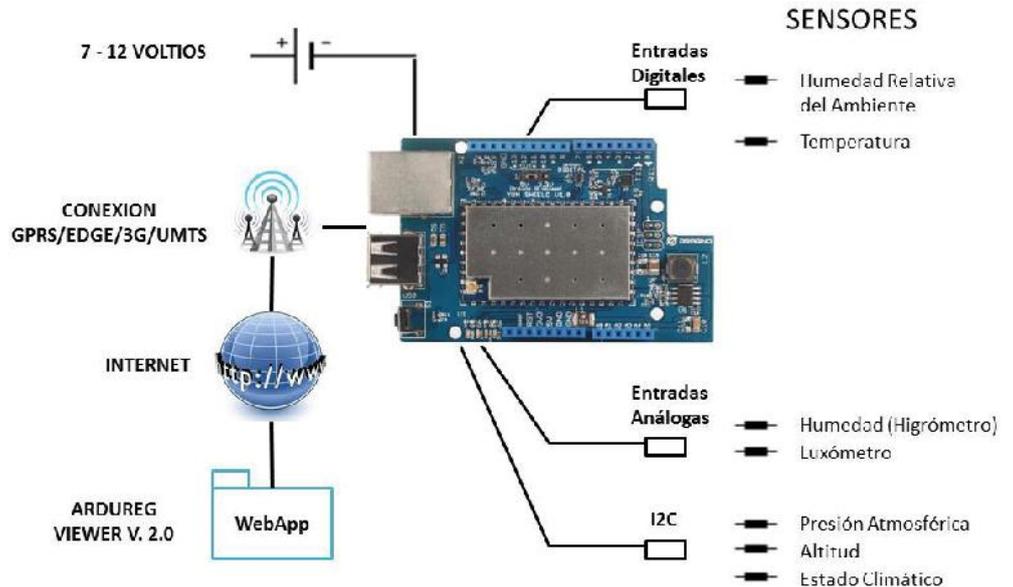


Figura 40. Arquitectura de Hardware del Nodo Datalogger GSM

Para poder realizar un nodo que sea capaz de muestrear datos ambientales a partir de sensores y enviar datos vía GSM/GPRS a un servidor de alojamiento de datos, probamos y escogimos entre diferentes placas y escudos oficiales de Arduino y compatibles.

Escogimos para esta fase la placa Arduino UNO como microcontrolador, con suficientes entradas y salidas, bajo consumo y bajo coste.

A esta placa le acoplamos un escudo llamado Dragino YUN (Yun *Shield*), que funciona como tarjeta de red, para conectar nuestro proyecto a internet.

Permite conexión *Ethernet*, wifi (antena externa) y 3G/GPRS/GSM por medio de un modem USB.

A esta placa le conectaremos un grupo de dispositivos llamados sensores

Para facilitar la adición de nuevos componentes y mejorar la interoperabilidad, se va a utilizar protocolos de bajo nivel. Concretamente se van a utilizar, siempre que sea posible, dispositivos que trabajen con los protocolos i2C y 1-wire:

- Barómetro BMP085
- Humidimetro DHT11
- Humidimetro de suelo análogo
- Fotorresistencia análogo

La placa será alimentada por la toma de corriente de la placa Arduino con un voltaje de 12V y un amperaje de 1500 mA, como se muestra en las siguientes figuras.

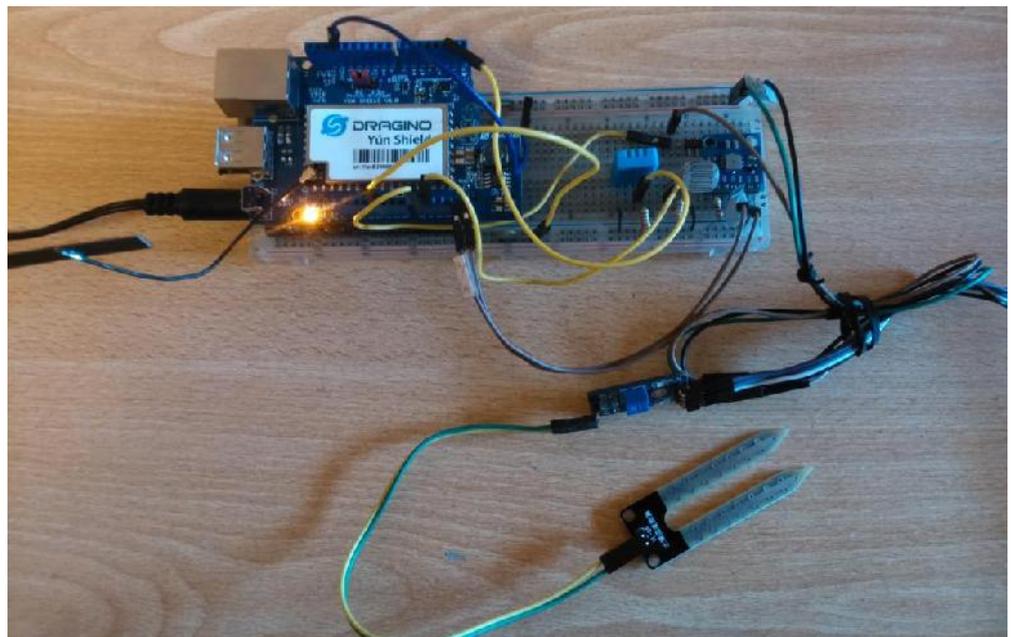


Figura 41. Nodo Datalogger GSM

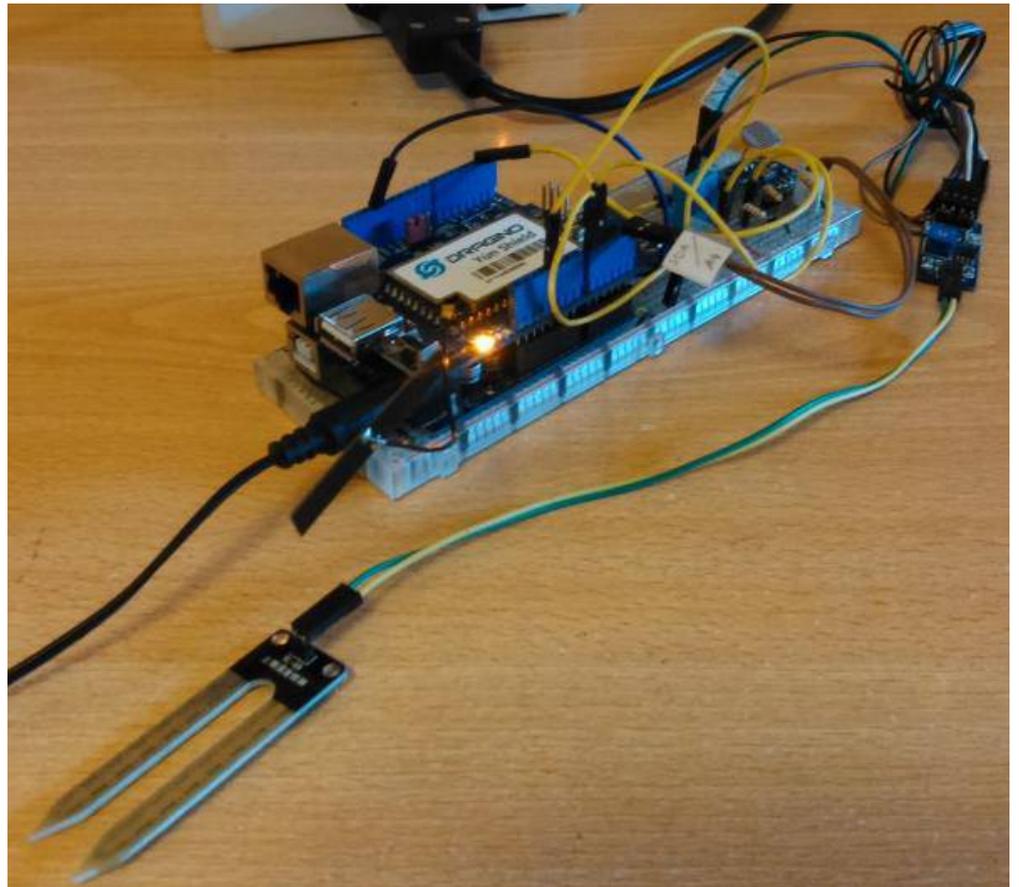


Figura 42. Nodo Datalogger GSM

B. Nodo Controller GSM

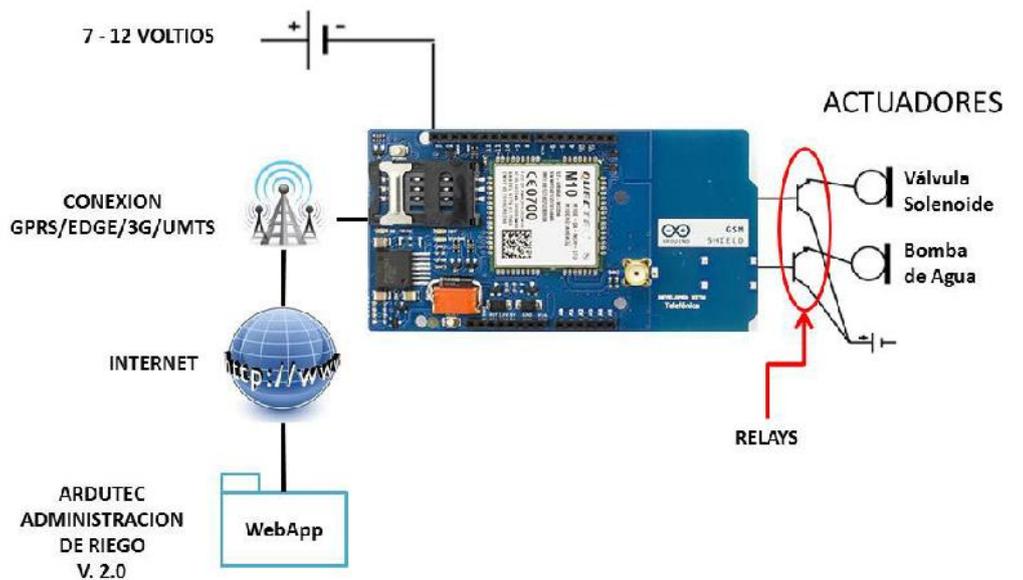


Figura 43. Arquitectura de hardware del nodo Controller GSM

Para poder realizar un nodo que sea capaz de recibir órdenes de regado, usando la red GSM/GPRS, probamos y escogimos entre diferentes tarjetas de red (escudos oficiales de Arduino y tarjetas compatibles).

Para ello, escogimos en esta fase la placa Arduino MEGA como microcontrolador, con suficientes entradas y salidas, bajo consumo y bajo coste.

A esta placa le acoplamos un shield llamado Arduino Shield GSM (Oficial), que funciona como tarjeta de red, para conectar nuestro proyecto a internet.

Permite conexión GPRS/GSM por medio del módulo Quectel M10, como se muestra en la siguiente figura.

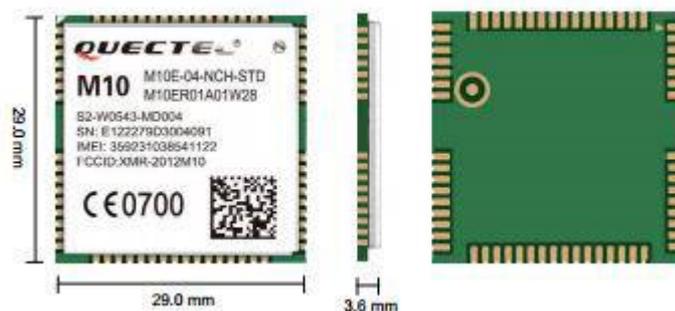


Figura 44. Módulo Quectel M10

A esta placa le conectaremos componentes eléctricos llamados relays, que a su vez encenderán un grupo de dispositivos llamados Actuadores.

- Válvula solenoide
- Humidímetro DHT11

La placa será alimentada por la toma de corriente de la placa Arduino con un voltaje de 5V y un amperaje de 2000 mA.



Figura 45. Carcasa del nodo controller



Figura 46. Carcasa del nodo controller con tapa abierta

Como se muestra en las figuras 45 y 46, se adaptará una cubierta de plástico, la cual tendrá contendrá los componentes electrónicos del Nodo controller, para evitar el contacto con el agua y la protección de los componentes electrónicos.

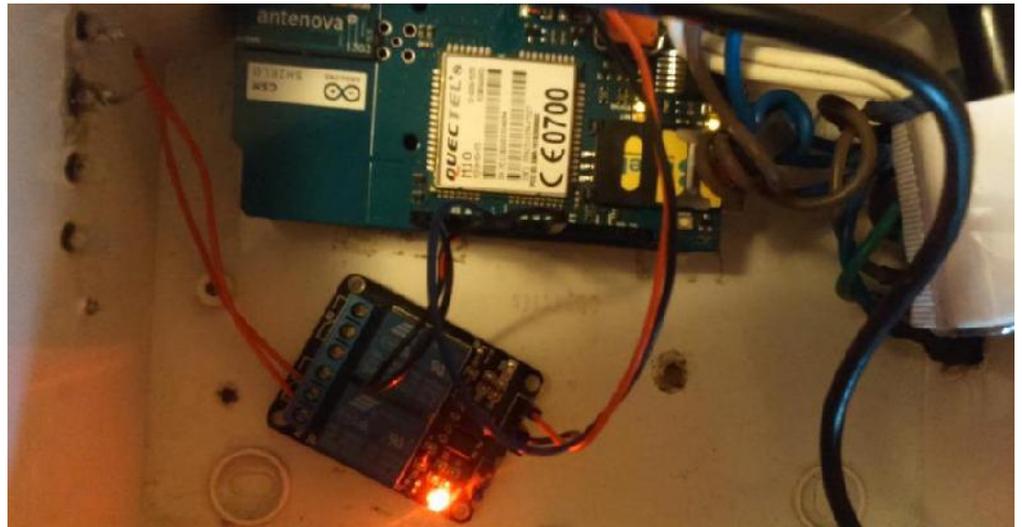


Figura 47. Interior del nodo Controller



Figura 48. Interior del nodo Controller 2

Como se muestra en las figuras 47 y 48, los componentes electrónicos están instalados y en funcionamiento.

2.5.2 Arquitectura cliente / servidor

Según (dictionnaire.sensagent.leparisien.fr, s.f.), La arquitectura cliente-servidor es un modelo de aplicación distribuida en el que las tareas se reparten entre los proveedores de recursos o servicios, llamados servidores, y los demandantes, llamados clientes. Un cliente realiza peticiones a otro programa y es el servidor, quien le da respuesta. Esta idea también se puede aplicar a programas que se ejecutan sobre una sola computadora, aunque es más ventajosa en un sistema operativo multiusuario distribuido a través de una red de computadoras.

Algunos ejemplos de aplicaciones computacionales que usen el modelo cliente-servidor son el correo electrónico, un servidor de impresión y la *World Wide Web*.

Elegimos la arquitectura cliente/ servidor para nuestro trabajo debido a que teníamos que comunicar dispositivos electrónicos conectados a internet que debían enviar información a una aplicación web, que a su vez generaba las instrucciones para otros dispositivos encargados de los actuadores de la solución.

A. Información general

Según (dictionnaire.sensagent.leparisien.fr, s.f.), en esta arquitectura la capacidad de proceso está repartida entre los clientes y los servidores, aunque son más importantes las ventajas de tipo organizativo debidas a la centralización de la gestión de la información y la separación de responsabilidades, lo que facilita y clarifica el diseño del sistema.

La separación entre cliente y servidor es una separación de tipo lógico, donde el servidor no se ejecuta necesariamente sobre una sola máquina ni es necesariamente un sólo programa. Los tipos específicos de servidores incluyen los servidores web, los servidores de archivo, los servidores del correo, etc. Mientras

que sus propósitos varían de unos servicios a otros, la arquitectura básica seguirá siendo la misma.

La red cliente-servidor es una red de comunicaciones en la cual los clientes están conectados a un servidor, en el que se centralizan los diversos recursos y aplicaciones con que se cuenta; y que los pone a disposición de los clientes cada vez que estos son solicitados. Esto significa que todas las gestiones que se realizan se concentran en el servidor, de manera que en él se disponen los requerimientos provenientes de los clientes que tienen prioridad, los archivos que son de uso público y los que son de uso restringido, los archivos que son de sólo lectura y los que, por el contrario, pueden ser modificados, etc. Este tipo de red puede utilizarse conjuntamente en caso de que se esté utilizando en una red mixta.

La arquitectura cliente/servidor en nuestro trabajo de tesis, se puede visualizar en la comunicación que establecen los dispositivos inalámbricos como los actuadores (clientes) y nuestro servidor que aloja nuestra aplicación web, y a su vez entre nuestro servidor y un Servidor Rest para IOT, ThingSpeak.com, donde se almacena los datos recolectados por los sensores, registrados por un dispositivo inalámbrico datalogger GSM.

B. Características

En la arquitectura C/S el remitente de una solicitud es conocido como cliente. Sus características son:

- Es quien inicia solicitudes o peticiones, tienen por tanto un papel activo en la comunicación (dispositivo maestro o amo).
- Espera y recibe las respuestas del servidor.
- Por lo general, puede conectarse a varios servidores a la vez.
- Normalmente interactúa directamente con los usuarios finales mediante una interfaz gráfica de usuario.

Al receptor de la solicitud enviada por el cliente se conoce como servidor. Sus características son:

- Al iniciarse esperan a que lleguen las solicitudes de los clientes, desempeñan entonces un papel pasivo en la comunicación (dispositivo esclavo).
- Tras la recepción de una solicitud, la procesan y luego envían la respuesta al cliente.
- Por lo general, acepta las conexiones de un gran número de clientes (en ciertos casos el número máximo de peticiones puede estar limitado).

En la arquitectura C/S sus características generales son:

- el cliente y el servidor pueden actuar como una sola entidad y también pueden actuar como entidades separadas, realizando actividades o tareas independientes.
- Las funciones de cliente y servidor pueden estar en plataformas separadas, o en la misma plataforma.
- Cada plataforma puede ser escalable independientemente. Los cambios realizados en las plataformas de los Clientes o de los Servidores, ya sean por actualización o por reemplazo tecnológico, se realizan de una manera transparente para el usuario final.
- La interrelación entre el hardware y el software están basados en una infraestructura poderosa, de tal forma que el acceso a los recursos de la red no muestra la complejidad de los diferentes tipos de formatos de datos y de los protocolos.
- Su representación típica es un centro de trabajo (PC), en donde el usuario dispone de sus propias aplicaciones de oficina y sus propias bases de datos, sin dependencia directa del sistema central de información de la organización.

Los servidores pueden ser apátridas o *stateful*. Un servidor apátrida no guarda ninguna información entre las peticiones. Un servidor *stateful* puede recordar la información entre las peticiones. El alcance de esta información puede ser global o sesión-específico. Un servidor del HTTP para las páginas estáticas del HTML es un ejemplo de un servidor apátrida mientras que Apache *Tomcat* es un ejemplo de un servidor *stateful*.

La interacción entre el cliente y el servidor se describe a menudo usando diagramas de secuencia. Los diagramas de secuencia se estandarizan en el UML. Es importante que los clientes no interactúen entre sí ni que lo hagan clientes de capas bajas hacia otros de capas más altas, por eso todo tiene que pasar por el servidor.

Otro tipo de arquitectura de red se conoce como arquitectura del par-a-par porque cada nodo o caso del programa es un “cliente” y un “servidor” y cada uno tiene responsabilidades equivalentes. Ambas arquitecturas están en uso amplio. Tener en cuenta que todo va en red

C. Ventajas

- Centralización del control: los accesos, recursos y la integridad de los datos son controlados por el servidor de forma que un programa cliente defectuoso o no autorizado no pueda dañar el sistema. Esta centralización también facilita la tarea de poner al día datos u otros recursos (mejor que en las redes P2P).
- Escalabilidad: se puede aumentar la capacidad de clientes y servidores por separado. Cualquier elemento puede ser

aumentado (o mejorado) en cualquier momento, o se pueden añadir nuevos nodos a la red (clientes y/o servidores).

- Fácil mantenimiento: al estar distribuidas las funciones y responsabilidades entre varios ordenadores independientes, es posible reemplazar, reparar, actualizar, o incluso trasladar un servidor, mientras que sus clientes no se verán afectados por ese cambio (o se afectarán mínimamente). Esta independencia de los cambios también se conoce como encapsulación.
- Existen tecnologías, suficientemente desarrolladas, diseñadas para el paradigma de C/S que aseguran la seguridad en las transacciones, la amigabilidad de la interfaz, y la facilidad de empleo.

D. Desventajas

- La congestión del tráfico ha sido siempre un problema en el paradigma de C/S. Cuando una gran cantidad de clientes envían peticiones simultáneas al mismo servidor, puede ser que cause muchos problemas para éste (a mayor número de clientes, más problemas para el servidor). Al contrario, en las redes P2P como cada nodo en la red hace también de servidor, cuantos más nodos hay, mejor es el ancho de banda que se tiene.
- El paradigma de C/S clásico no tiene la robustez de una red P2P. Cuando un servidor está caído, las peticiones de los clientes no pueden ser satisfechas. En la mayor parte de redes P2P, los recursos están generalmente distribuidos en varios nodos de la red. Aunque algunos salgan o abandonen la descarga; otros pueden todavía acabar de descargar consiguiendo datos del resto de los nodos en la red.
- El software y el hardware de un servidor son generalmente muy determinantes. Un hardware regular de un ordenador personal puede no poder servir a cierta cantidad de clientes. Normalmente se necesita software y hardware específico,

sobre todo en el lado del servidor, para satisfacer el trabajo. Por supuesto, esto aumentará el coste.

- El cliente no dispone de los recursos que puedan existir en el servidor. Por ejemplo, si la aplicación es una Web, no podemos escribir en el disco duro del cliente o imprimir directamente sobre las impresoras sin sacar antes la ventana previa de impresión de los navegadores.

E. Dirección

Los métodos de dirección en ambientes del servidor de cliente se pueden describir como sigue:

- Dirección del proceso de la máquina: la dirección se divide como proceso@máquina. Por lo tanto 56@453 indicaría el proceso 56 en la computadora 453.
- Servidor de nombres: los servidores de nombres tienen un índice de todos los nombres y direcciones de servidores en el dominio relevante.
- Localización de paquetes: los mensajes de difusión se envían a todas las computadoras en el sistema distribuido para determinar la dirección de la computadora de la destinación.
- Comerciante: un comerciante es un sistema que pone en un índice todos los servicios disponibles en un sistema distribuido. Una computadora que requiere un servicio particular comprobará con el servicio que negocia para saber si existe la dirección de una computadora que proporciona tal servicio.

F. Ejemplos

La mayoría de los servicios de Internet son tipo de cliente-servidor. La acción de visitar un sitio web requiere una arquitectura cliente-servidor, ya que el servidor web sirve las

páginas web al navegador (al cliente). Al leer este artículo en Wikipedia, la computadora y el navegador web del usuario serían considerados un cliente; y las computadoras, las bases de datos, y los usos que componen Wikipedia serían considerados el servidor. Cuando el navegador web del usuario solicita un artículo particular de Wikipedia, el servidor de Wikipedia recopila toda la información a mostrar en la base de datos de Wikipedia, la articula en una página web, y la envía de nuevo al navegador web del cliente.

Otro ejemplo podría ser el funcionamiento de un juego online. Si existen dos servidores de juego, cuando un usuario lo descarga y lo instala en su computadora pasa a ser un cliente. Si tres personas juegan en un solo computador existirían dos servidores, un cliente y tres usuarios. Si cada usuario instala el juego en su propio ordenador existirían dos servidores, tres clientes y tres usuarios.

G. Componentes básicos del modelo cliente servidor

En esta aproximación, y con el objetivo de definir y delimitar el modelo de referencia de una arquitectura Cliente/Servidor, se identifican cinco componentes que permitan articular dicha arquitectura, considerando que toda aplicación de un sistema de información está caracterizada por lo siguiente:

- Presentación/Captación de la información.
- Procesos.
- Almacenamiento de la información.
- Puestos de trabajo
- Comunicaciones.

CAPITULO III: DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

3.1 MODELAMIENTO DE NEGOCIO

3.1.1 Modelo de negocio

A. Identificación de actores y trabajadores del negocio

Tabla 9. Actores del negocio.

Actores de negocio	Descripción
1. Agricultor	<p>El agricultor representa al dueño o socio de la parcela agrícola, que invierte en el cultivo en este caso, de tomates, contrata personal para el campo y genera ganancias a partir de la cosecha.</p> <p>Su ganancia es la diferencia del precio del mercado por kilo por el total de peso e la cosecha y de la inversión total en el llevado del cultivo.</p>

En esta tabla se describe al principal actor del negocio en el rubro agrícola, el agricultor en la cual se describe sus roles principales.

B. Especificación de casos de uso de negocio

a. CUN – REGAR PARCELA AGRÍCOLA

Tabla 10. Caso de uso de negocio – regar parcela agrícola.

CU de Negocio 1:	Regar parcela agrícola
Flujo Básico:	
<ol style="list-style-type: none">1. El inspector técnico verifica el estado del suelo.2. El inspector técnico verifica el tiempo atmosférico.3. El inspector técnico avisa orden de regado al regador4. El regador recibe orden de regado5. El regador verifica disponibilidad de agua.6. El regador, apertura la compuerta.7. El regador verifica el ingreso de agua a los surcos de manera uniforme.8. El regador verifica el nivel de humedad.9. El regador cierra compuerta si es que el nivel de humedad es óptimo.	

En la tabla 10 y las siguientes se identificaron respectivamente los procesos del negocio de los casos de uso de negocio, que se llevan a cabo en una parcela agrícola, como el de regar parcela.

b. CUN – PREPARAR PARCELA AGRÍCOLA

Tabla 11. Caso de uso de negocio – preparar parcela agrícola.

CU de Negocio 2:	Preparación de parcela agrícola
Flujo Básico:	
<ol style="list-style-type: none">1. Ordena preparación de parcela agrícola.2. Recibe petición de preparación de parcela agrícola.3. Alista implementos del tractor.4. Gradeo de la parcela agrícola.5. Cambia de implementos del tractor.6. Arado de parcela agrícola.7. Cambia de implementos al tractor8. El regador verifica el nivel de humedad.9. Raya la parcela agrícola	

c. CUN – SIEMBRA EN PARCELA AGRÍCOLA

Tabla 12. Caso de uso de negocio – siembra en parcela agrícola.

CU de Negocio 3:	Siembra en parcela agrícola.
Flujo Básico:	
<ol style="list-style-type: none">1. El inspector técnico compra de plantines para siembra.2. El inspector técnico inicia el riego.3. El inspector técnico verificar humedad óptima.4. El inspector técnico Avisa orden de siembra de plantines.5. El sembrador recibe la orden de siembra.6. El sembrador lleva las maquetas de plantines a las parcelas.7. El sembrador siembra los plantines.	

d. CUN – FUMIGACIÓN EN PARCELA AGRÍCOLA

Tabla 13. Caso de uso de negocio – fumigación en parcela agrícola.

CU de Negocio 4:	Fumigación de parcela agrícola
Flujo Básico:	
1. El inspector técnico prepara receta para el remedio.	
2. El inspector técnico entrega receta de preparación de remedio.	
3. El fumigador recibe la receta de preparación de remedio	
4. El fumigador prepara el remedio en el cilindro.	
5. El fumigador llena el remedio en bomba de fumigación	
6. El fumigador fumiga el cultivo	

e. CUN – ABONADO DE PARCELA AGRÍCOLA

Tabla 14. Caso de uso de negocio – abonado de parcela agrícola.

CU de Negocio5:	Abonado de parcela agrícola
Flujo Básico:	
1. El inspector técnico compra los insumos.	
2. El inspector técnico preparar la mezcla.	
3. El inspector técnico ordena el abonado.	
4. El abonador recibe la orden de abonado.	
5. El abonador aplica el abono a las plantas	

En la tabla 11, 12, 13 y 14 se identificaron respectivamente los procesos del negocio de los casos de uso de negocio, que se llevan a cabo en una parcela agrícola, como el de abonado de parcela.

C. Diagrama de actividades de casos de uso de negocio

a. DACUN – REGAR PARCELA AGRÍCOLA

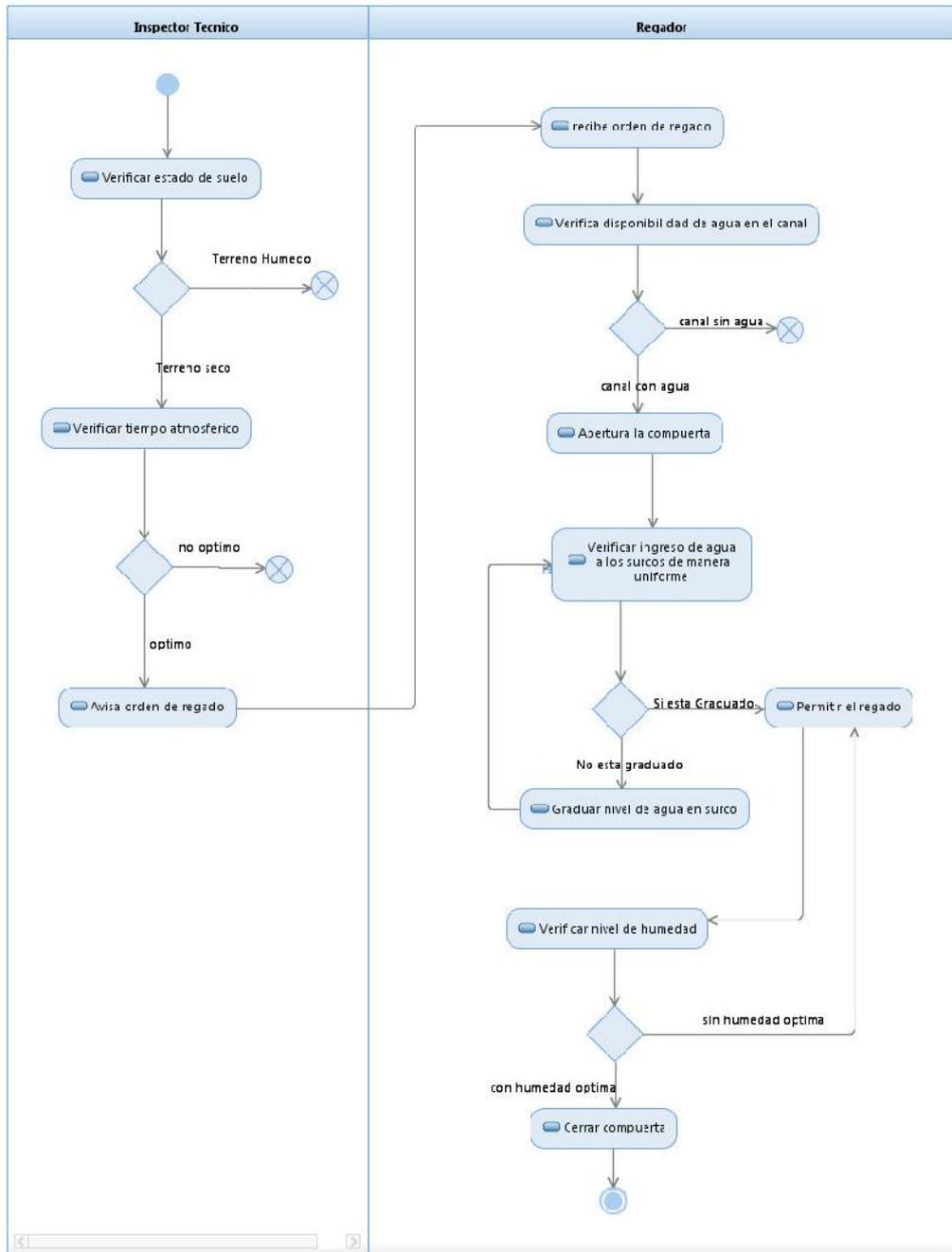


Figura 49. Diagrama de actividades de CUN, Regar parcela agrícola

En la figura 49, se muestra el diagrama de actividades del caso de uso, regar parcela agrícola, donde se describe la labor de regado de parte del agricultor y de esta manera, las plantas tendrán el nivel de humedad de tierra adecuado para su desarrollo.

b. DACUN – PREPARAR PARCELA AGRÍCOLA

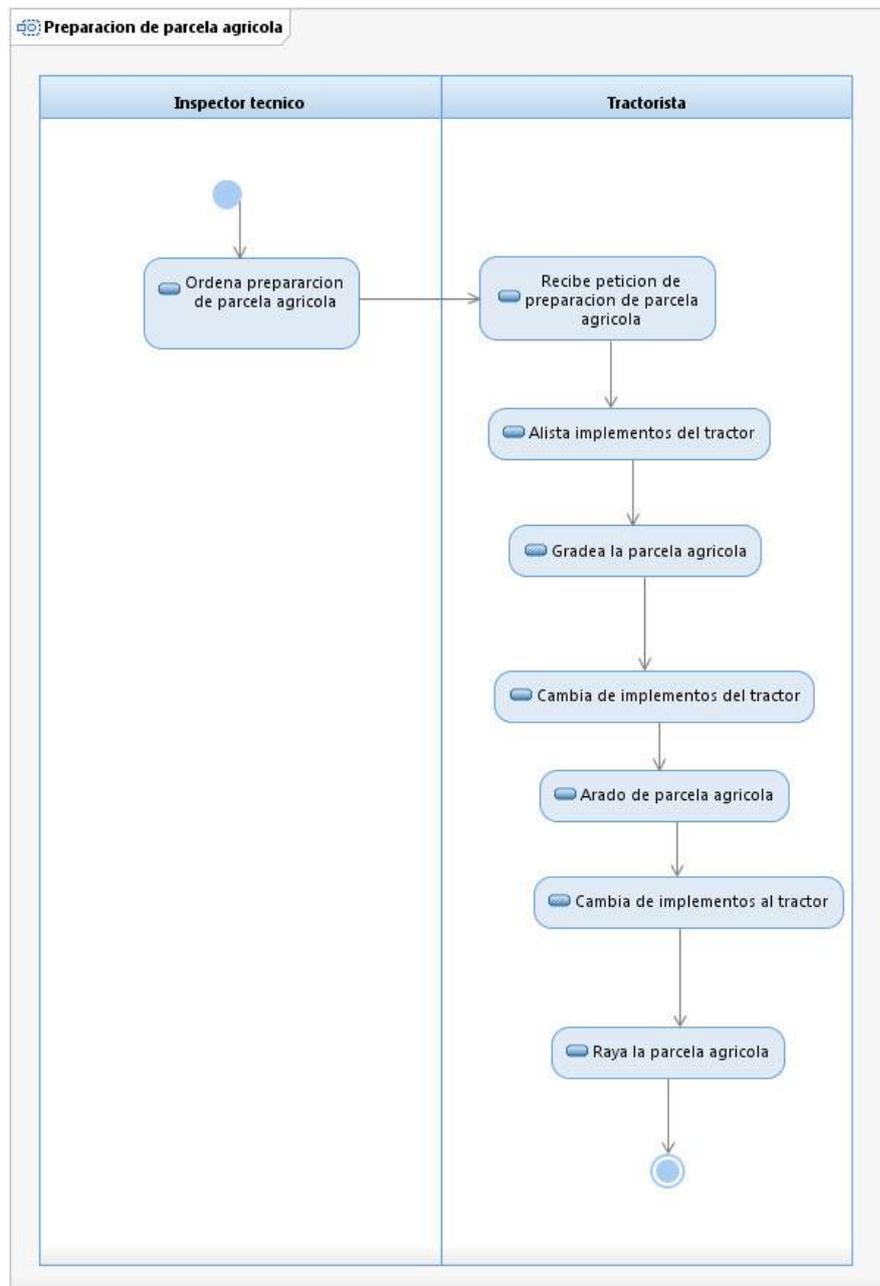


Figura 50. DACUN, preparar parcela agrícola

En la figura 50, se muestra el diagrama de actividades del caso de uso de negocio, preparar parcela agrícola, que consiste en la utilización de una maquinaria pesada en la parcela agrícola, para dejar la tierra preparada para el sembrado de determinada hortaliza, tubérculo u árbol.

c. DACUN – SIEMBRA EN PARCELA AGRÍCOLA

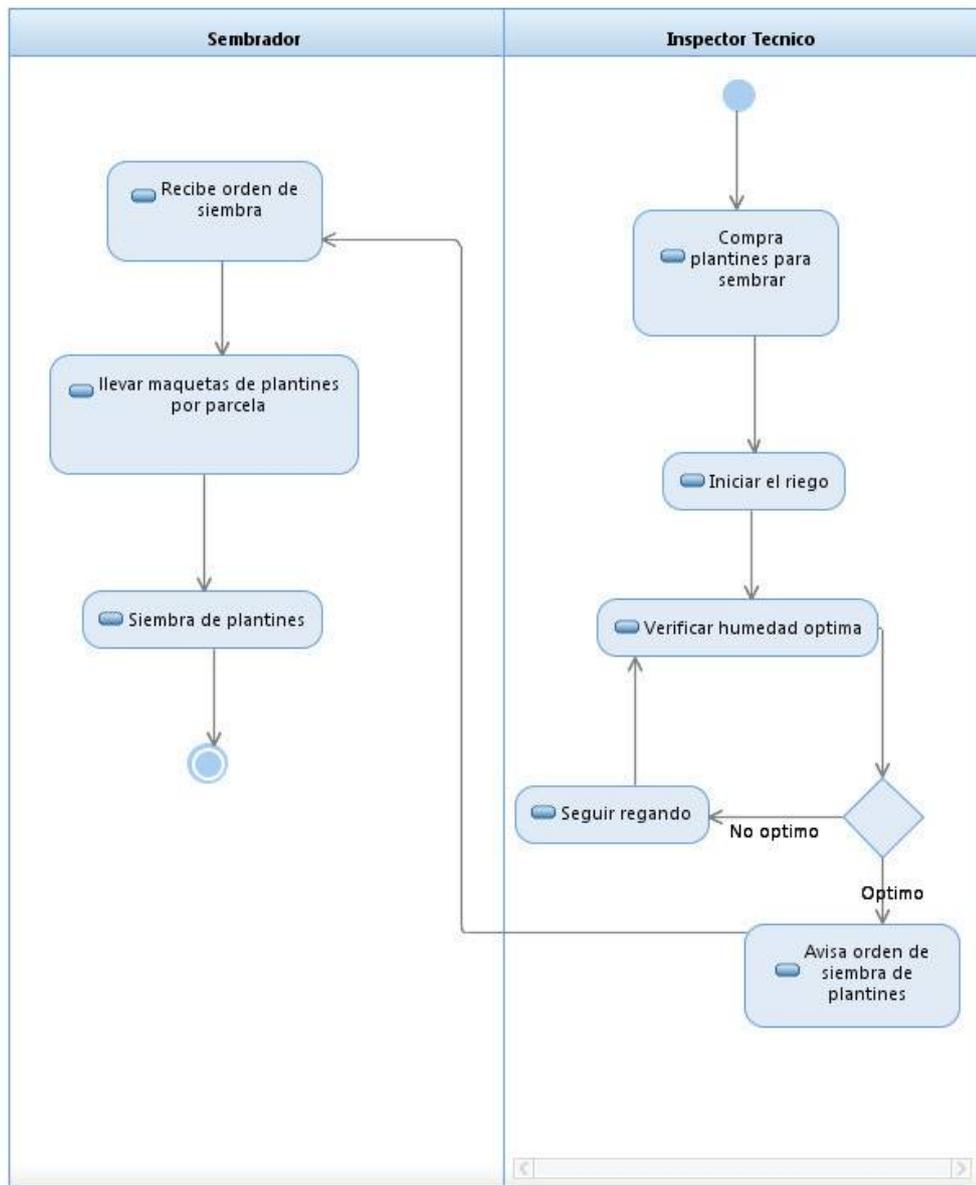


Figura 51. DACUN, Siembra en parcela agrícola

En la figura 51, se muestra el diagrama de actividades del caso de uso de negocio, siembra en parcela agrícola, que consiste en sembrar las semillas en una parcela agrícola previamente preparada por un tractor, así como después del sembrado, asegurarse del nivel de humedad de la tierra para una correcta germinación de las semillas.

e. DACUN – FUMIGACIÓN EN PARCELA AGRÍCOLA

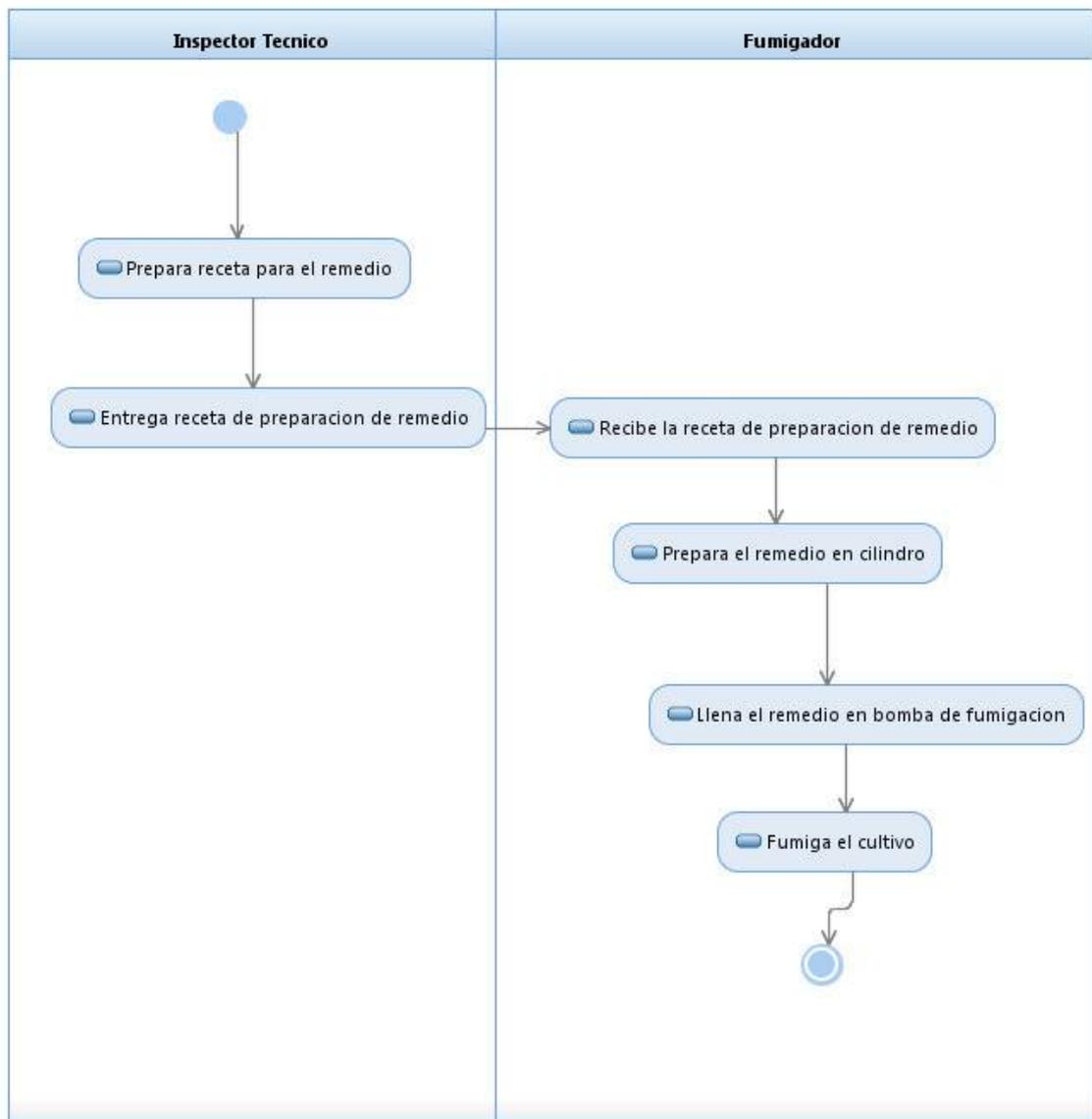


Figura 52. DACUN, Fumigación en parcela agrícola

En la figura 52, se muestra el diagrama de caso de uso de negocio, fumigación en parcela agrícola, donde se realiza la preparación del remedio que se aplicaran a las plantas antes o después de ser afectadas por una plaga.

f. DACUN – ABONADO DE PARCELA AGRÍCOLA

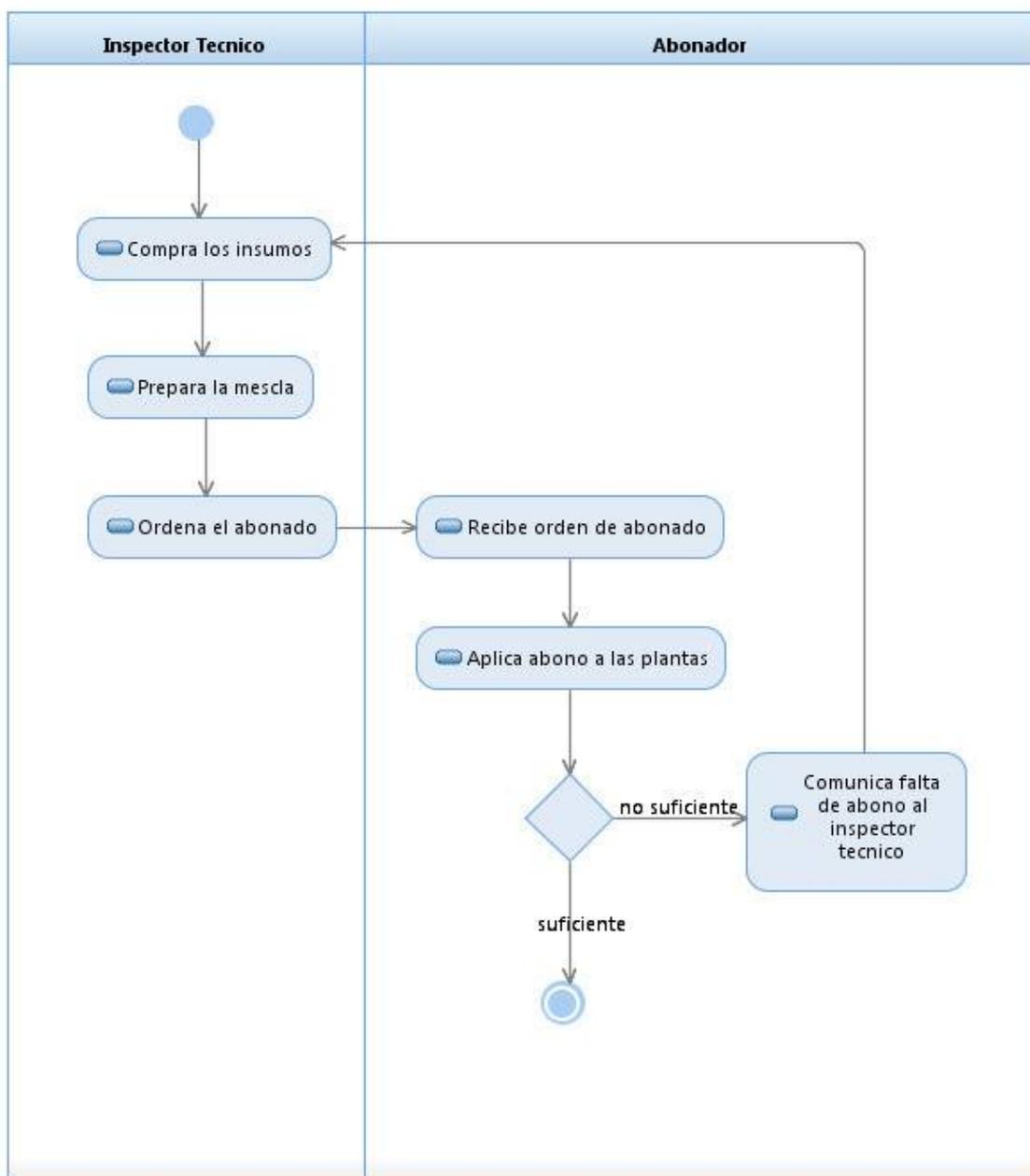


Figura 53. DACUN, abonado de parcela agrícola

En la figura 53, se muestra el diagrama de actividades del caso de uso de negocio, abonado de parcela agrícola, en donde están los procesos de abonado y verificación del estado de la tierra, para una correcta aplicación.

D. Modelo de caso de uso de negocio

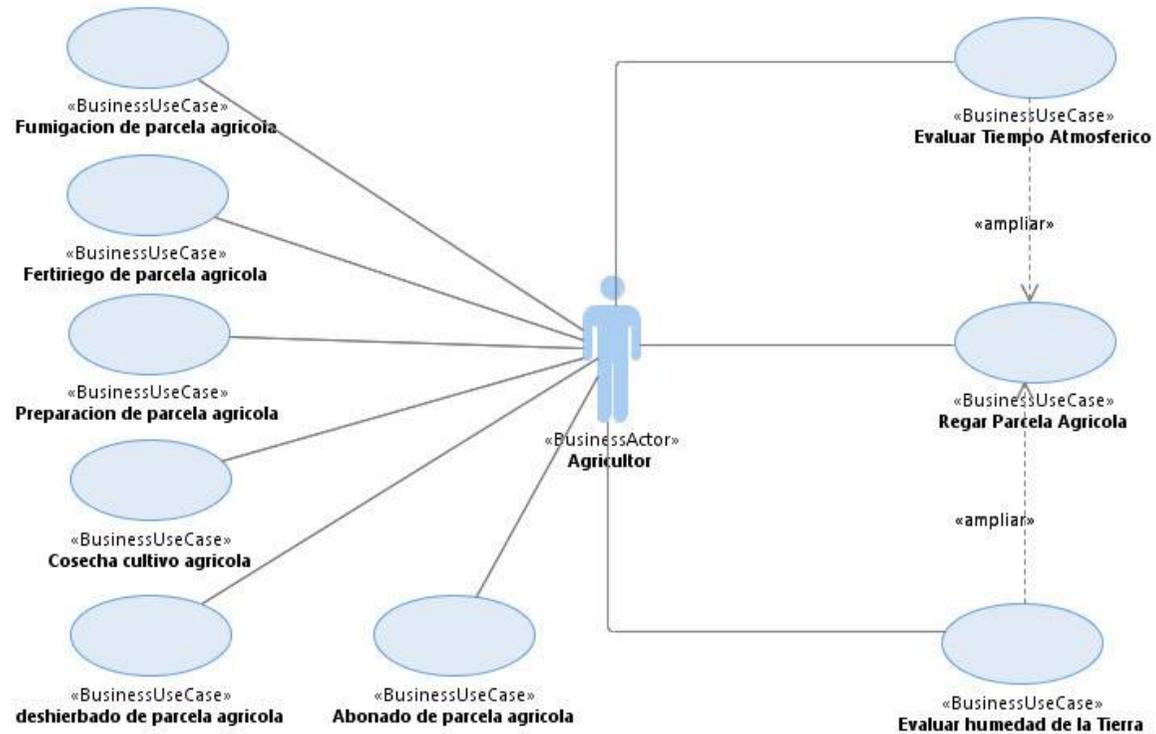


Figura 54. Modelo de caso de uso de negocio

En la figura 54, se muestra el diagrama de caso de uso de negocio, producto de la identificación de los actores del negocio, así como de los procesos del negocio agrícola.

3.1.2 Modelo del sistema

A. Diagrama de casos de uso del sistema

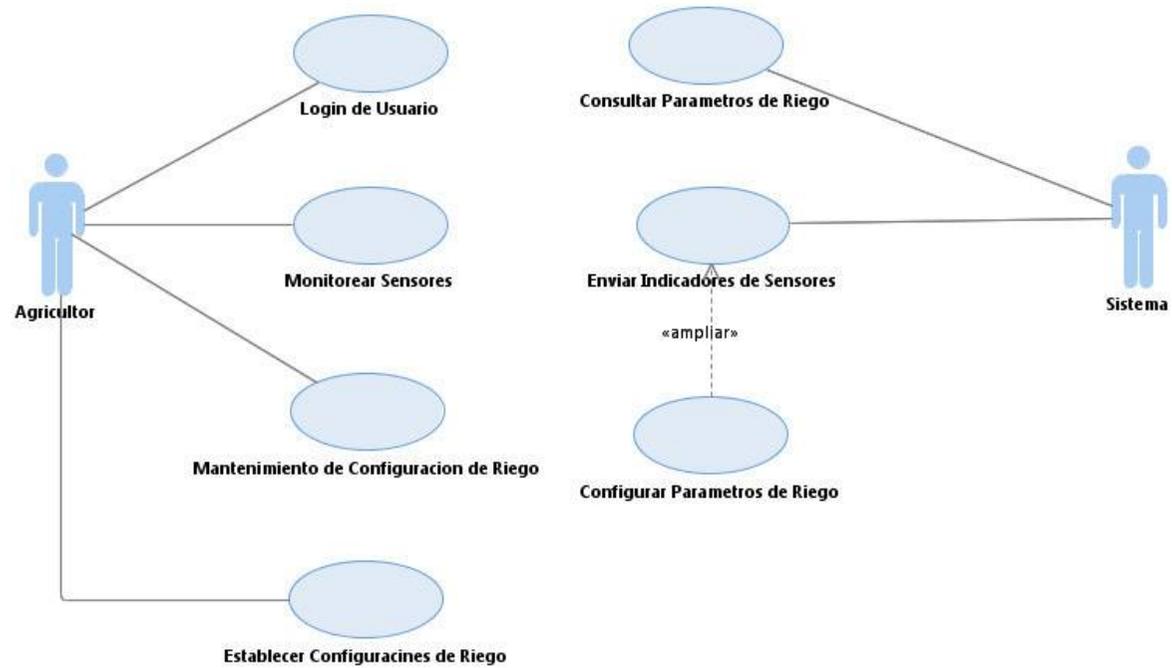


Figura 55. Diagrama de casos de uso del sistema

En la figura 55, se muestra el diagrama de casos de uso del sistema, donde se puede observar dos actores de sistema, el agricultor y el sistema.

B. Diagrama de interacción por cada caso de uso

a. Caso de uso: enviar datos de sensores

- Diagrama de secuencia

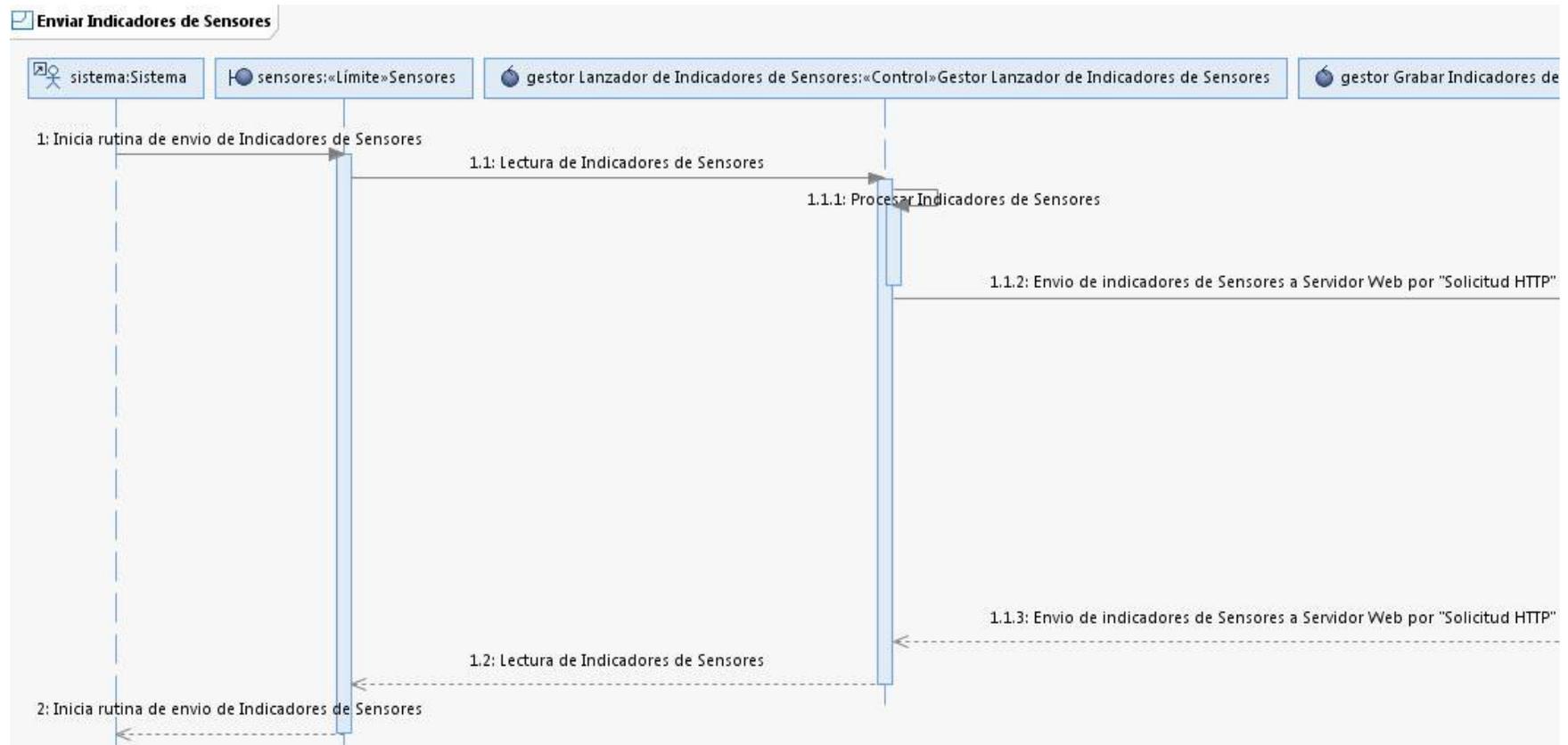


Figura 56. Diagrama de secuencia, 'enviar datos de sensores', Parte 1

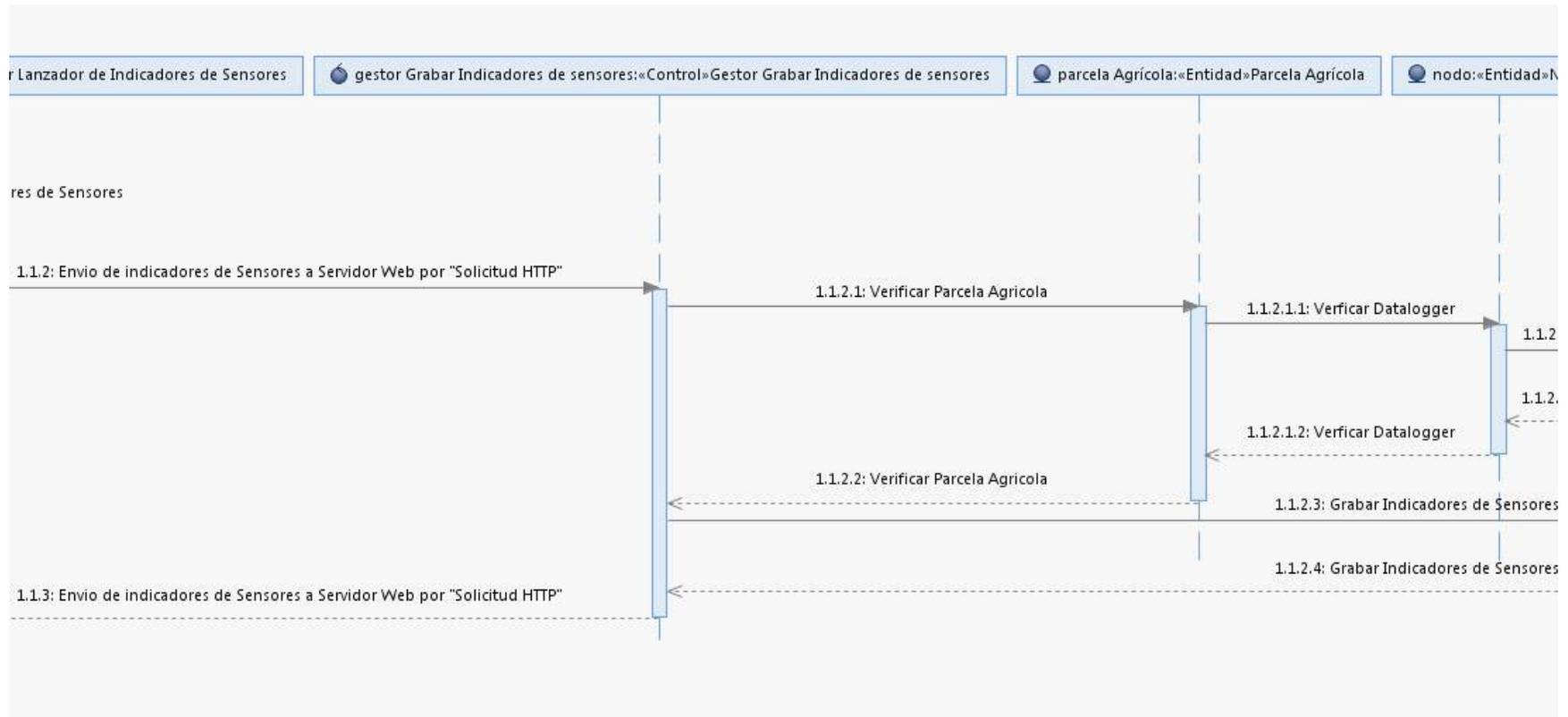


Figura 57. Diagrama de secuencia, 'enviar datos de sensores', Parte 2

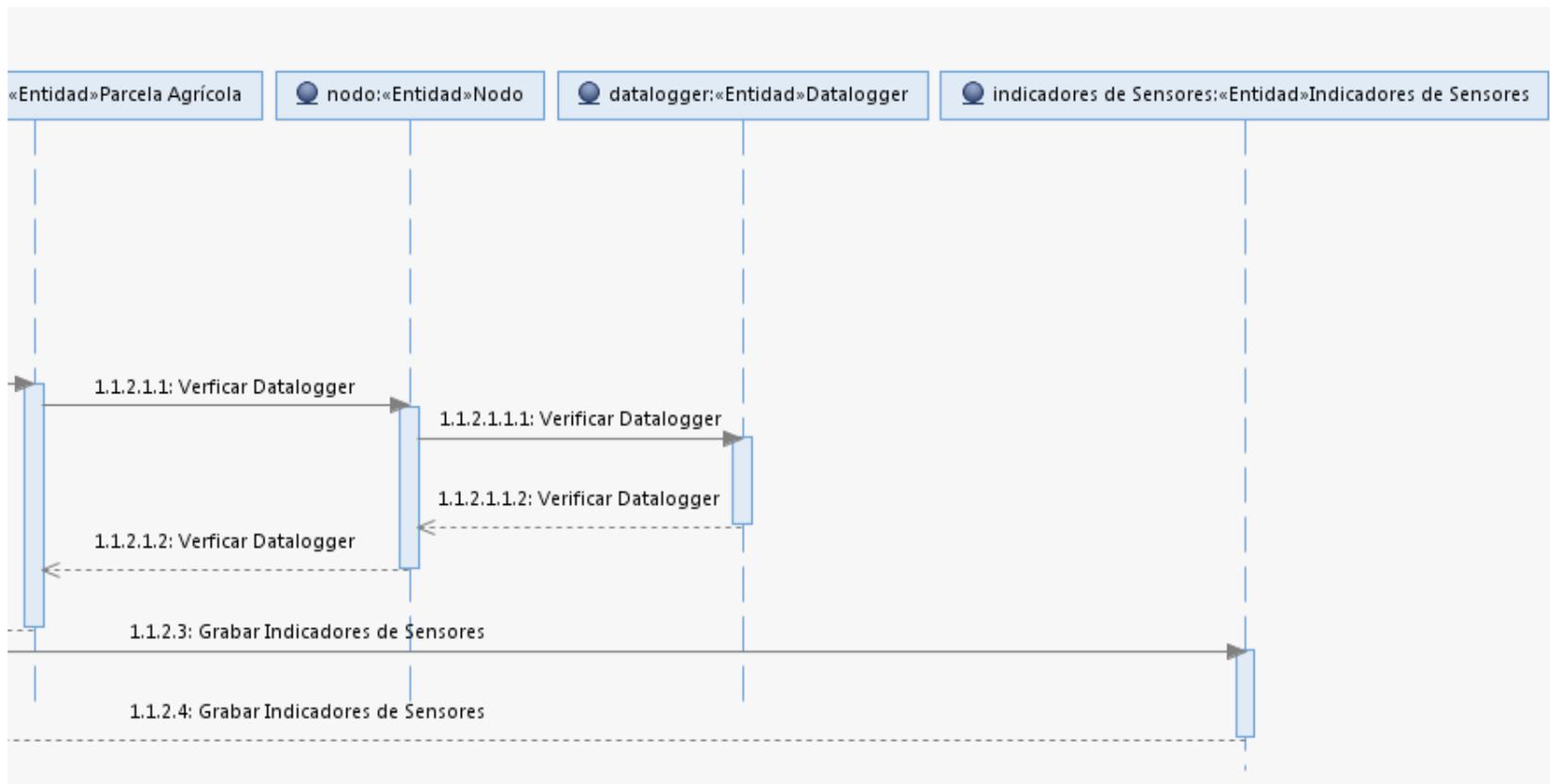


Figura 58. Diagrama de secuencia, 'enviar datos de sensores', Parte 3

En las figuras 56, 57 y 58, se muestra el diagrama de secuencia del caso de uso de sistema, enviar datos de sensores, se muestra los procesos que realiza el sistema para guardar la información de los sensores en el servidor de thingspeak.com.

- Diagrama de colaboración

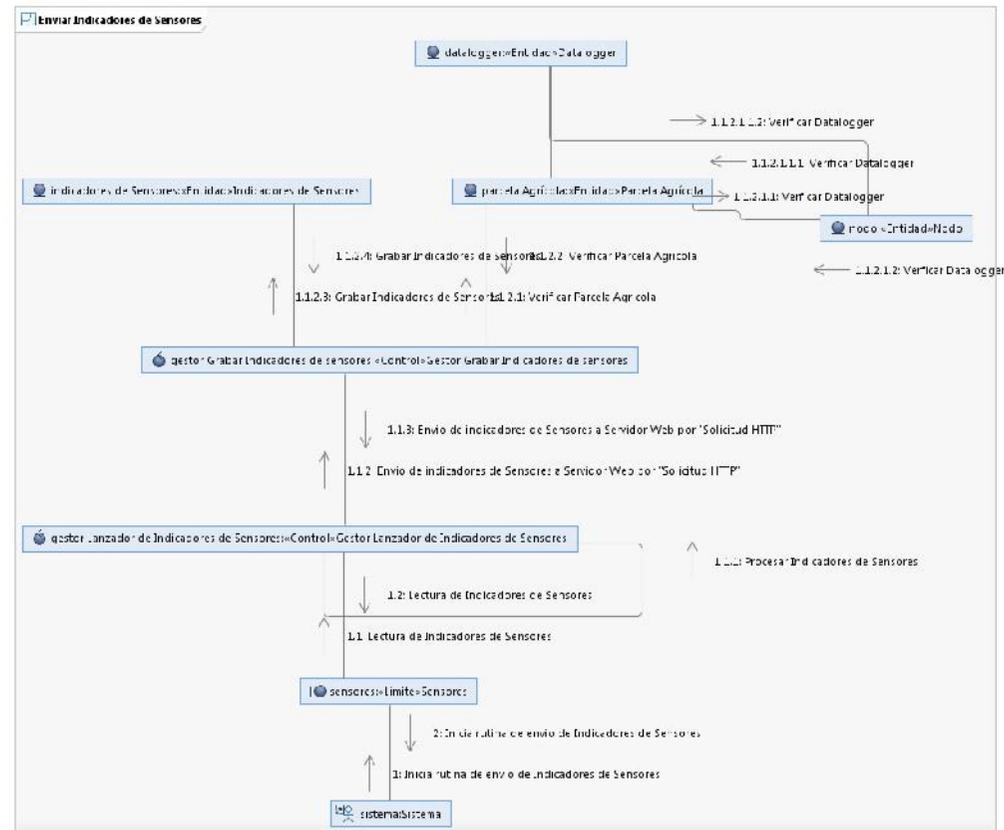


Figura 59. Diagrama de colaboración, 'enviar datos de sensores'

En la figura 59, se muestra, en el diagrama de colaboración, la interacción organizada basándose en los objetos que toman parte en la interacción y los enlaces entre los mismos, contiene casi la misma información que los diagramas de secuencia, a diferencia de que estos, se fijan en el interés en las relaciones entre los objetos y su topología.

b. Caso de uso: Configurar parámetros de riego

- Diagrama de secuencia

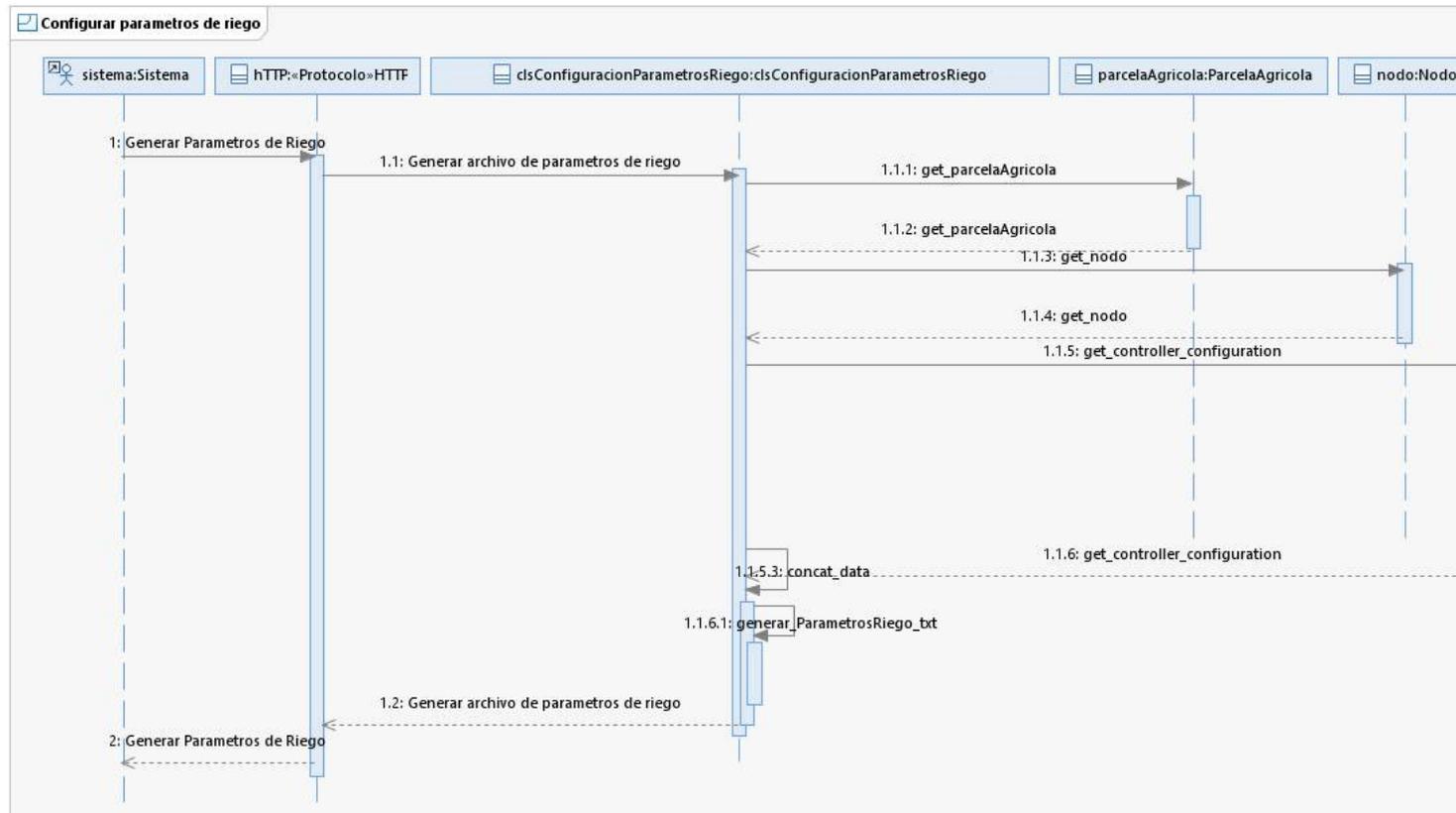


Figura 60. Diagrama de secuencia, 'configurar parámetros de riego', parte 1



Figura 61. Diagrama de secuencia, 'configurar parámetros de riego', parte 2

En las figuras 60 y 61, se muestra el diagrama de secuencia del caso de uso de sistema, configurar parámetros de riego, que muestra el proceso de la generación de la configuración de riego.

- Diagrama de colaboración

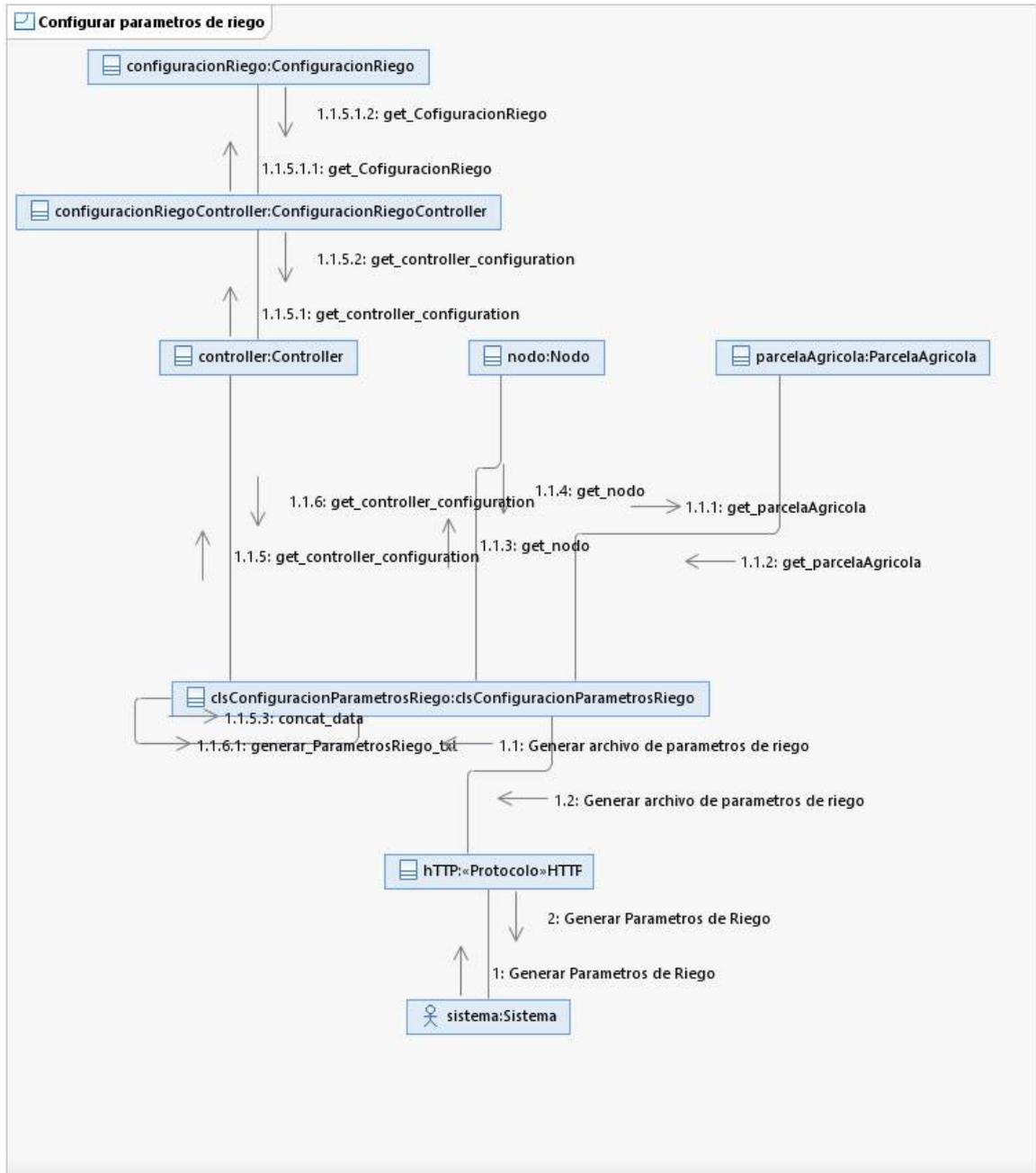


Figura 62. Diagrama de colaboración, 'configurar parámetros de riego'

En la figura 62, se muestra, en el diagrama de colaboración, la interacción organizada basándose en los objetos que toman parte en la interacción y los enlaces entre los mismos, contiene casi la misma información que los diagramas de secuencia, a diferencia de que estos, se fijan en el interés en las relaciones entre los objetos y su topología.

c. Caso de uso: consultar parámetros de riego

- Diagrama de secuencia

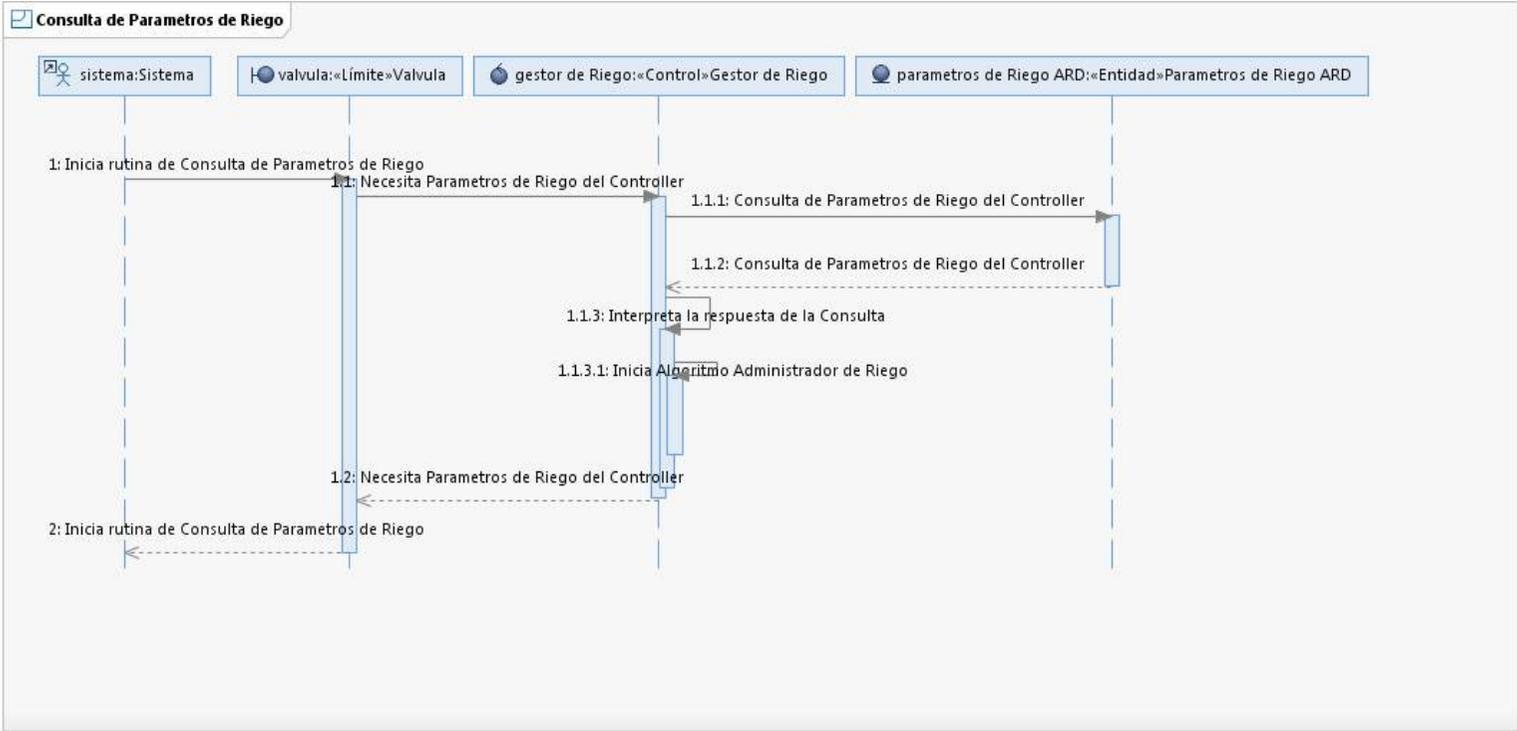


Figura 63. Diagrama de secuencia, 'consultar parámetros de riego'

En la figura 63, se muestra el diagrama de secuencia del caso de uso de sistema, 'consultar parámetros de riego', donde el dispositivo encargado, ControllerGSM, contiene el gestor de riego y realiza, automáticamente, la consulta de los parámetros de riego en el sistema, obteniendo la información requerida, procesando y realizando la rutina de riego si lo requiere

- Diagrama de colaboración

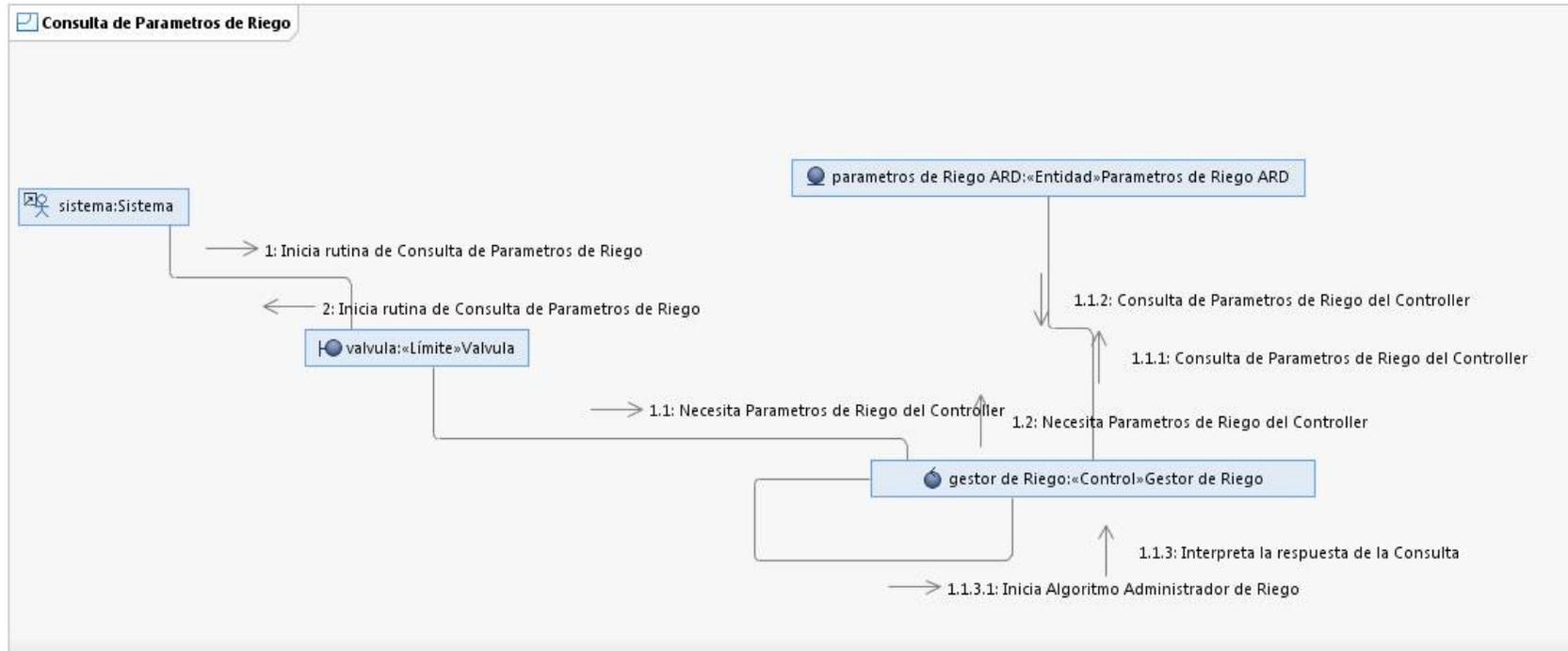


Figura 64. Diagrama de colaboración, 'consultar parámetros de riego'

d. Caso de uso: monitorear sensores

- Diagrama de secuencia

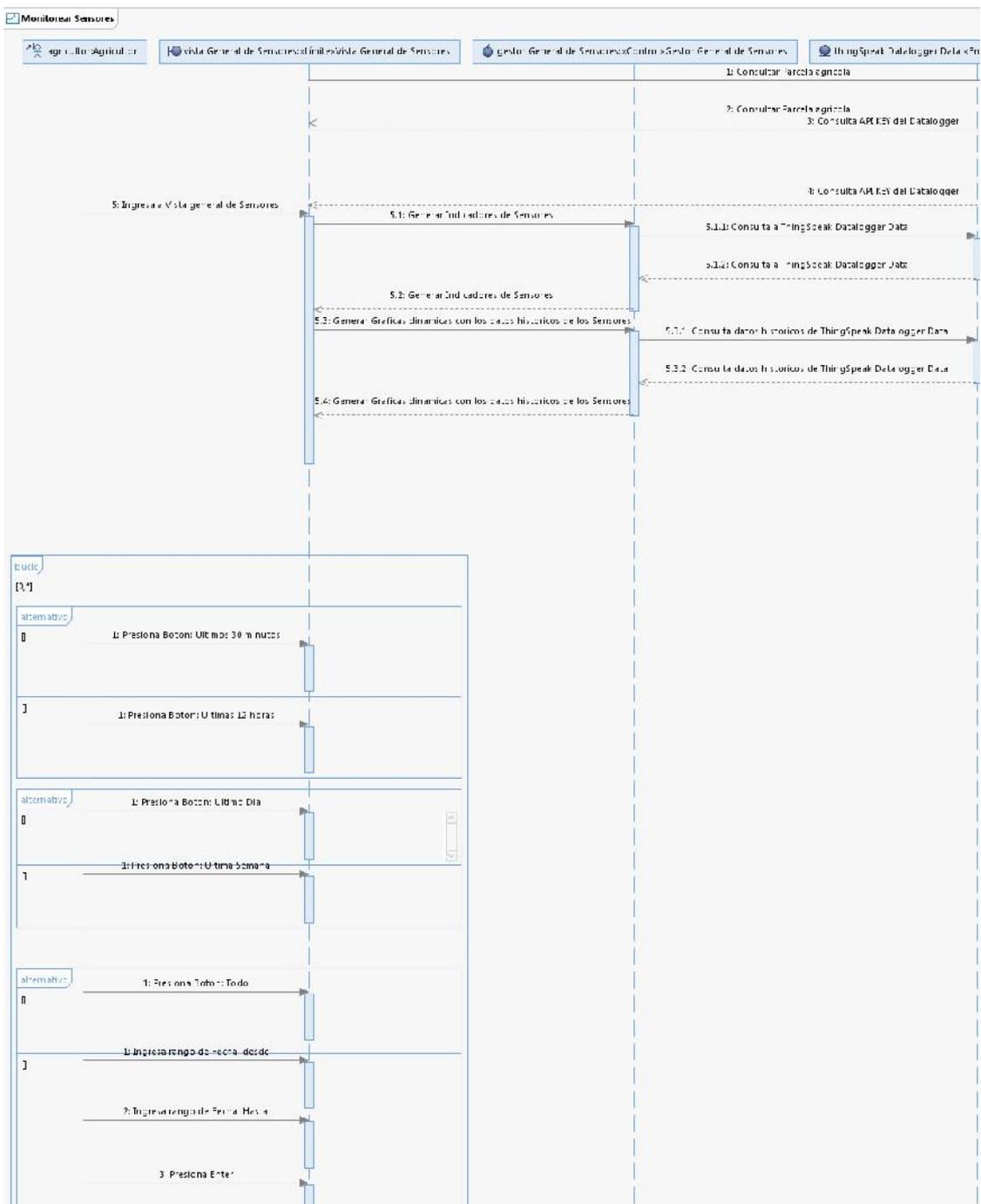


Figura 65. Diagrama de secuencia, 'monitorear sensores', Parte 1

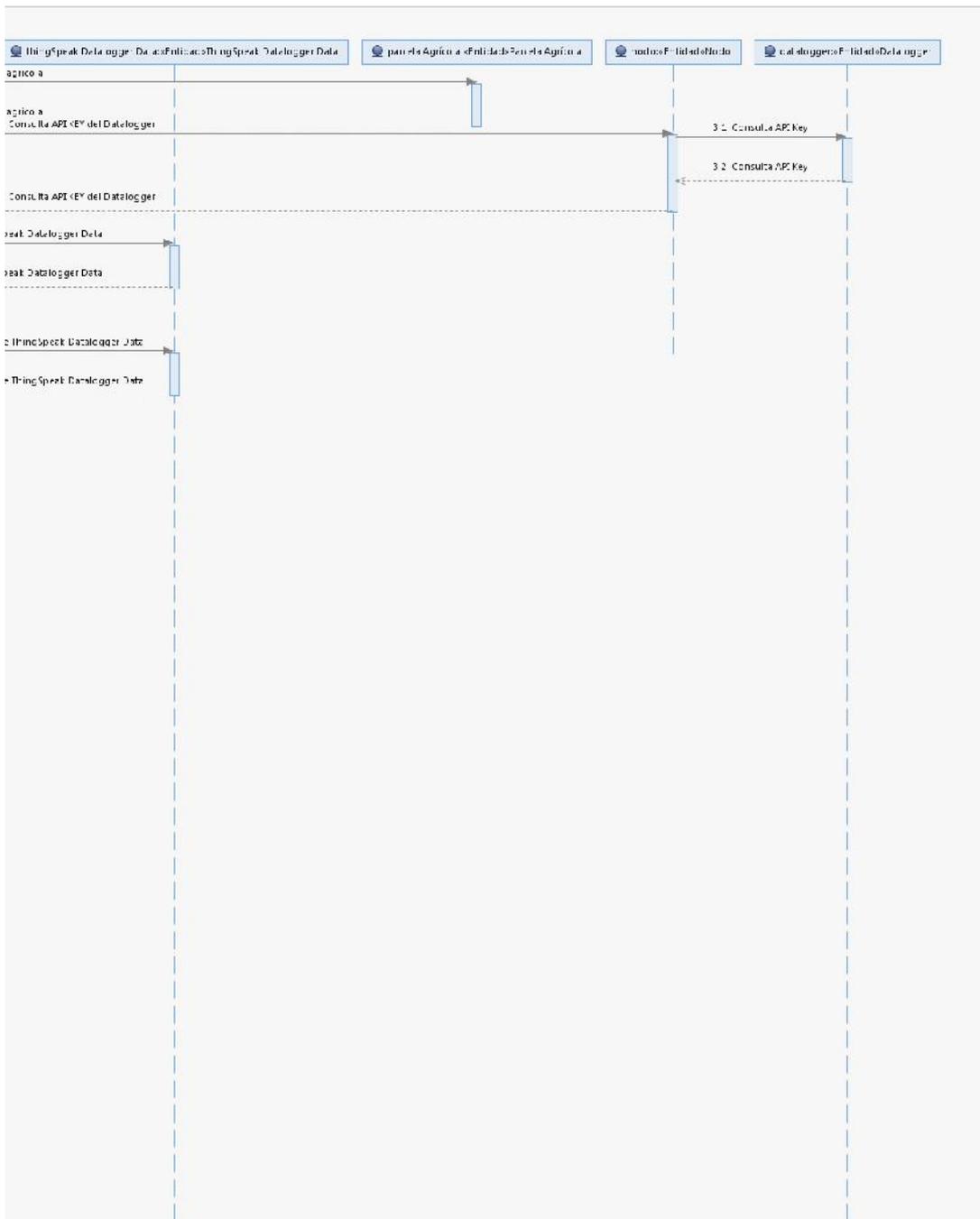


Figura 66. Diagrama de secuencia, 'monitorear sensores', Parte 2

En las figuras 65 y 66, se muestra, en el diagrama de secuencia, del caso de uso de sistema, monitorear sensores, para que el proceso para que el usuario pueda visualizar los datos de los sensores, en gráficos dinámicos.

- Diagrama de colaboración

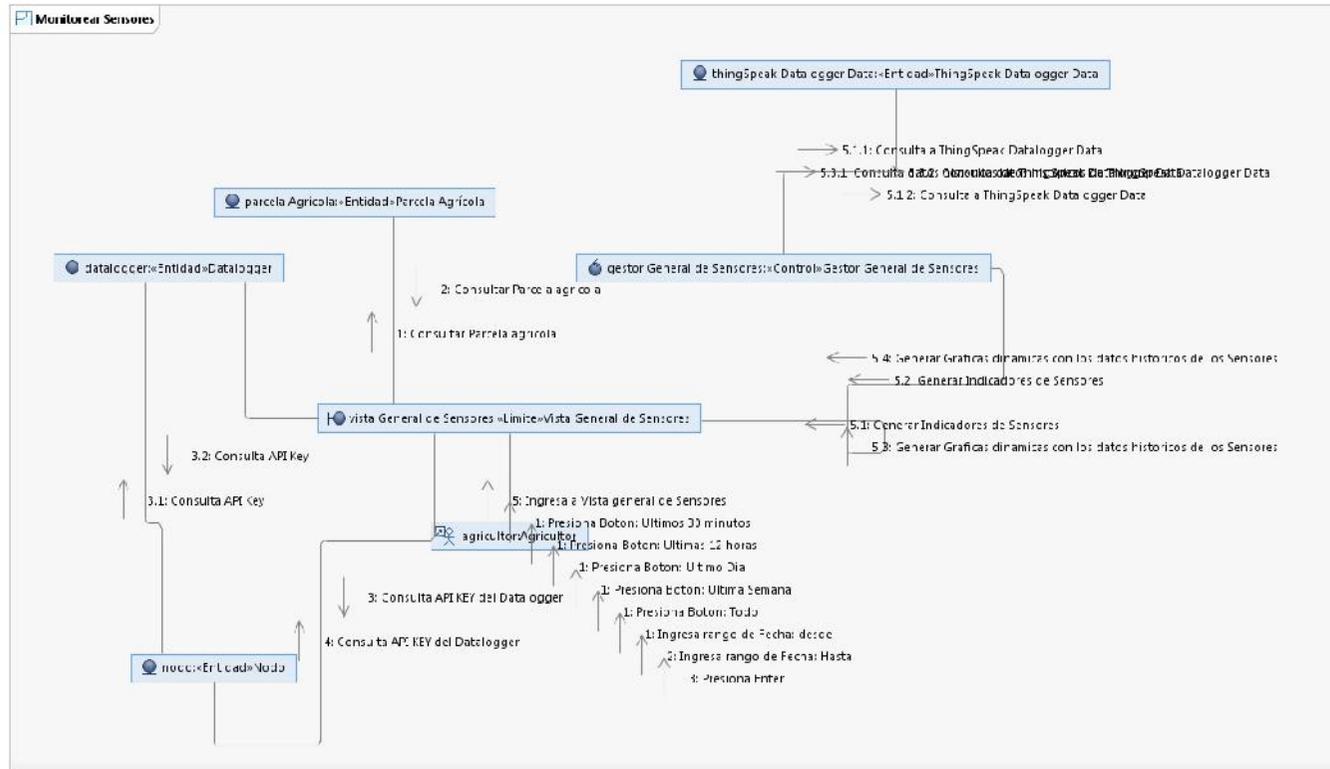


Figura 67. Diagrama de colaboración, 'monitorear sensores'

e. Caso de uso: mantenimiento de configuración de riego

- Diagrama de secuencia

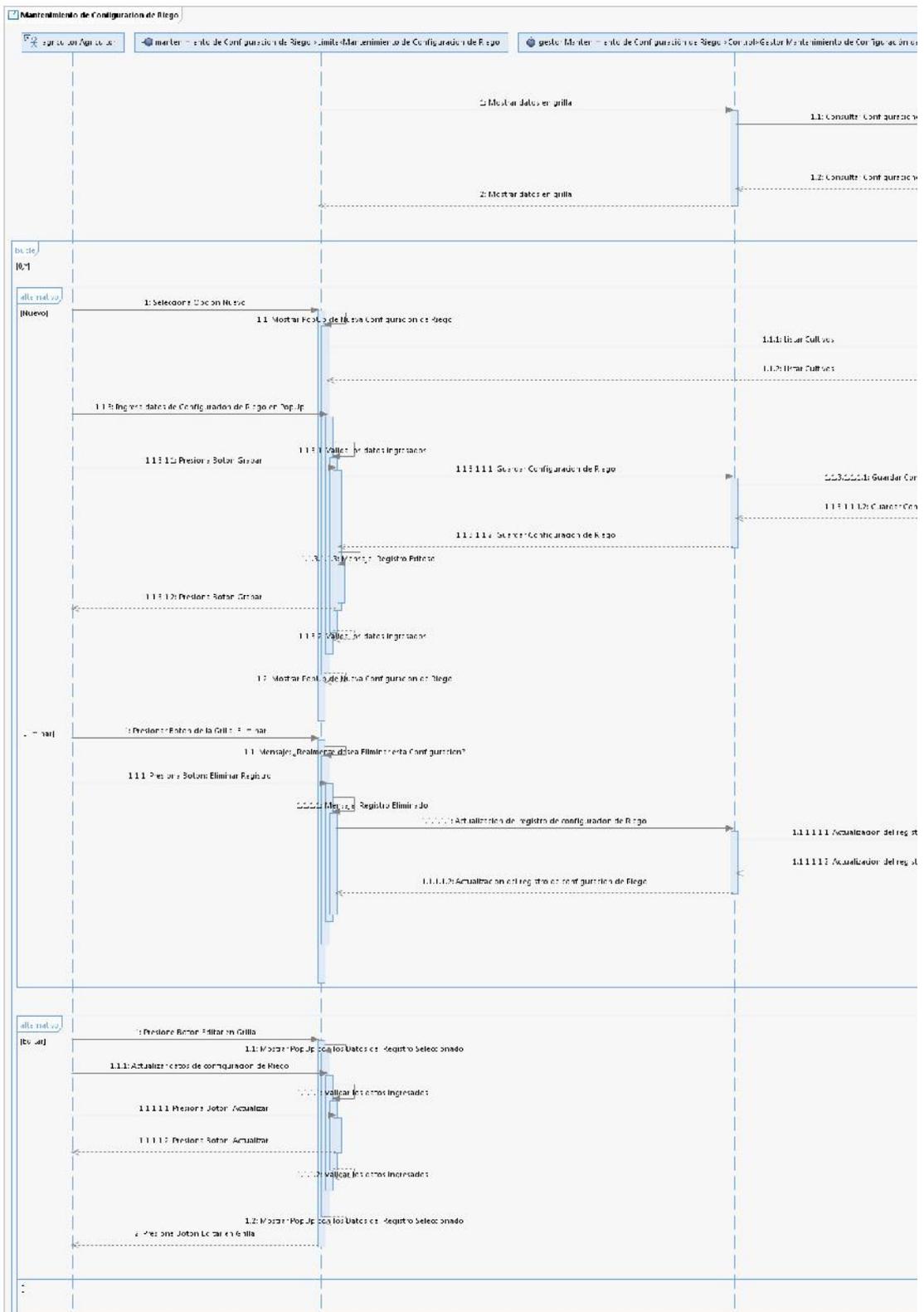


Figura 68. Diagrama de secuencia, 'mantenimiento de configuración de riego', Parte 1

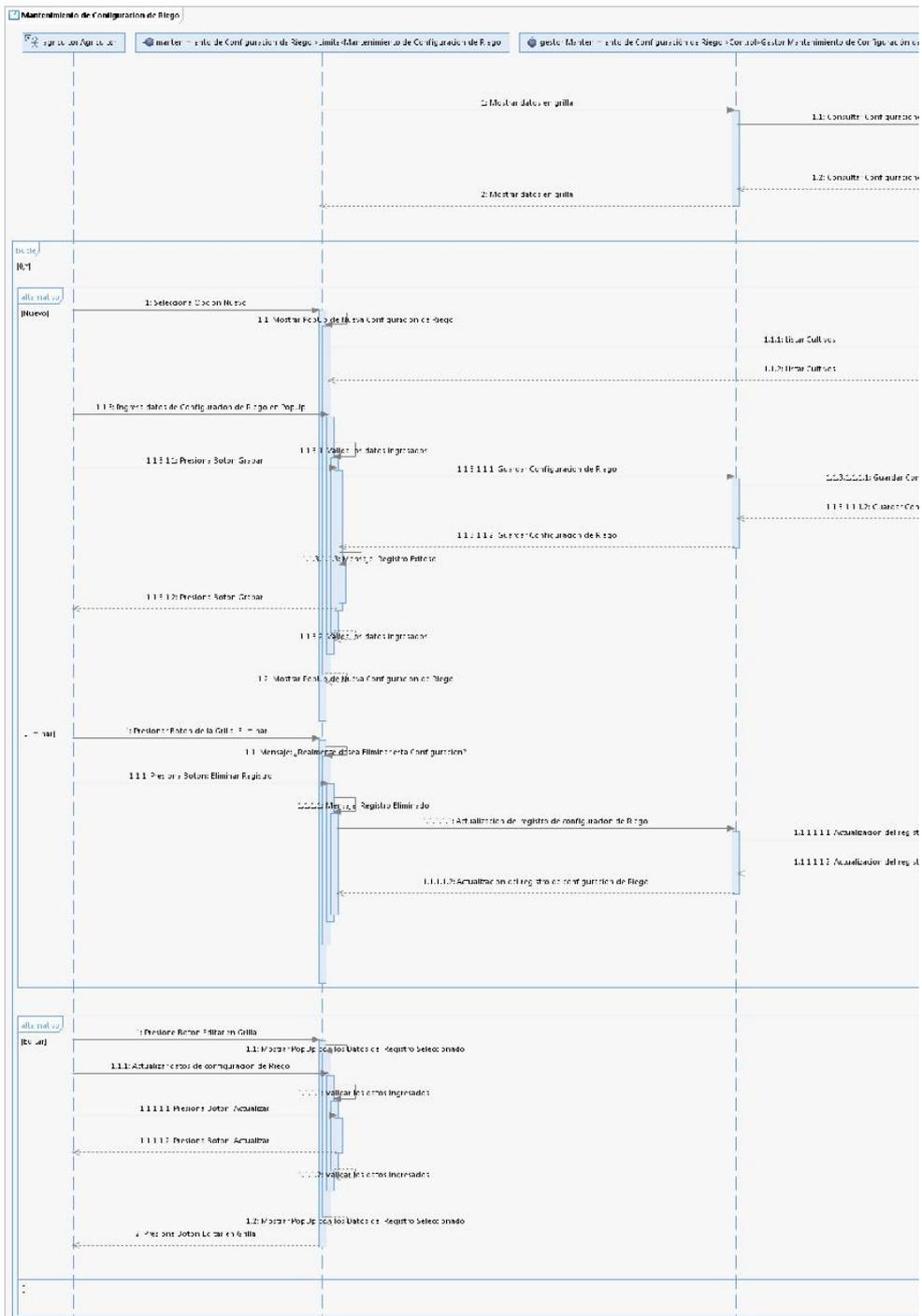


Figura 69. Diagrama de secuencia, 'mantenimiento de configuración de riego', Parte 2

En las figuras 68 y 69, se muestra el diagrama de secuencia, del caso de uso de sistema, mantenimiento de configuración de riego. El usuario podrá visualizar una lista de las configuraciones, así como las funcionalidades de agregar, editar o eliminar configuraciones.

f. Caso de uso: establecer configuración de riego

- Diagrama de secuencia

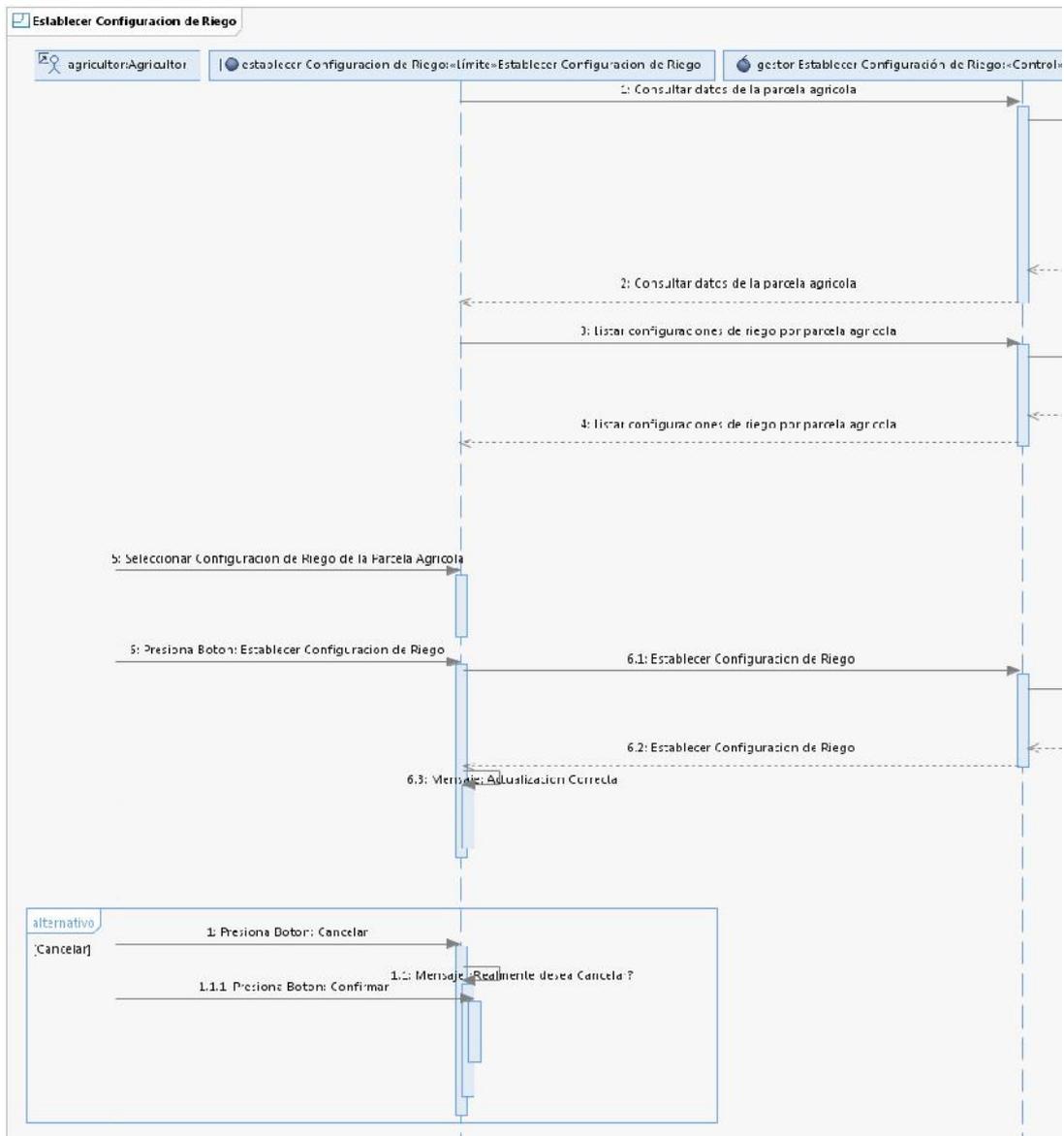


Figura 71. Diagrama de secuencia, 'establecer configuración de riego', Parte 1

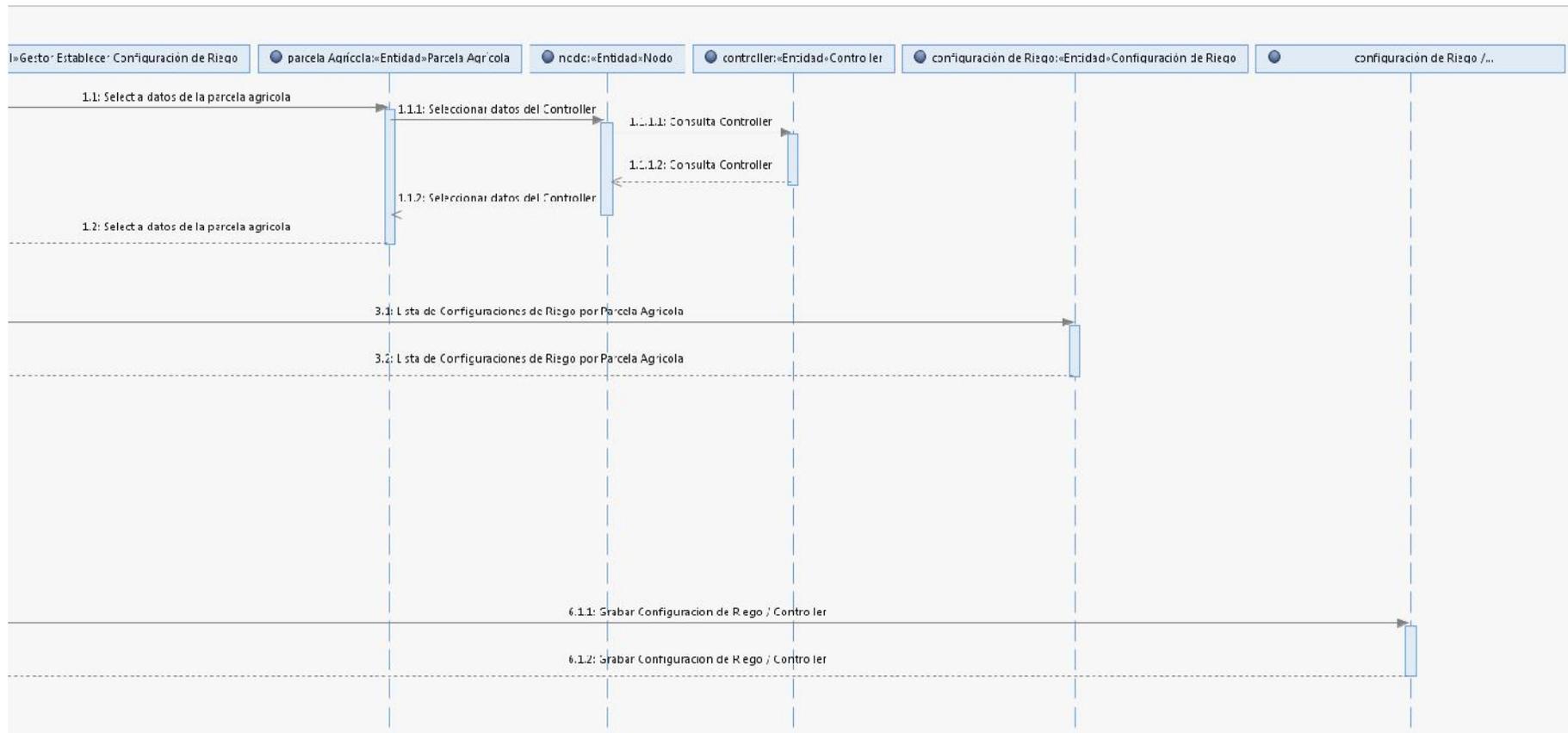


Figura 72. Diagrama de secuencia, 'establecer configuración de riego', Parte 2

En las figuras 71 y 72, se muestra, en el diagrama de secuencia del caso de uso de sistema, 'establecer configuración de riego', los pasos a seguir para asignar una configuración de riego a un cultivo.

• Diagrama de colaboración

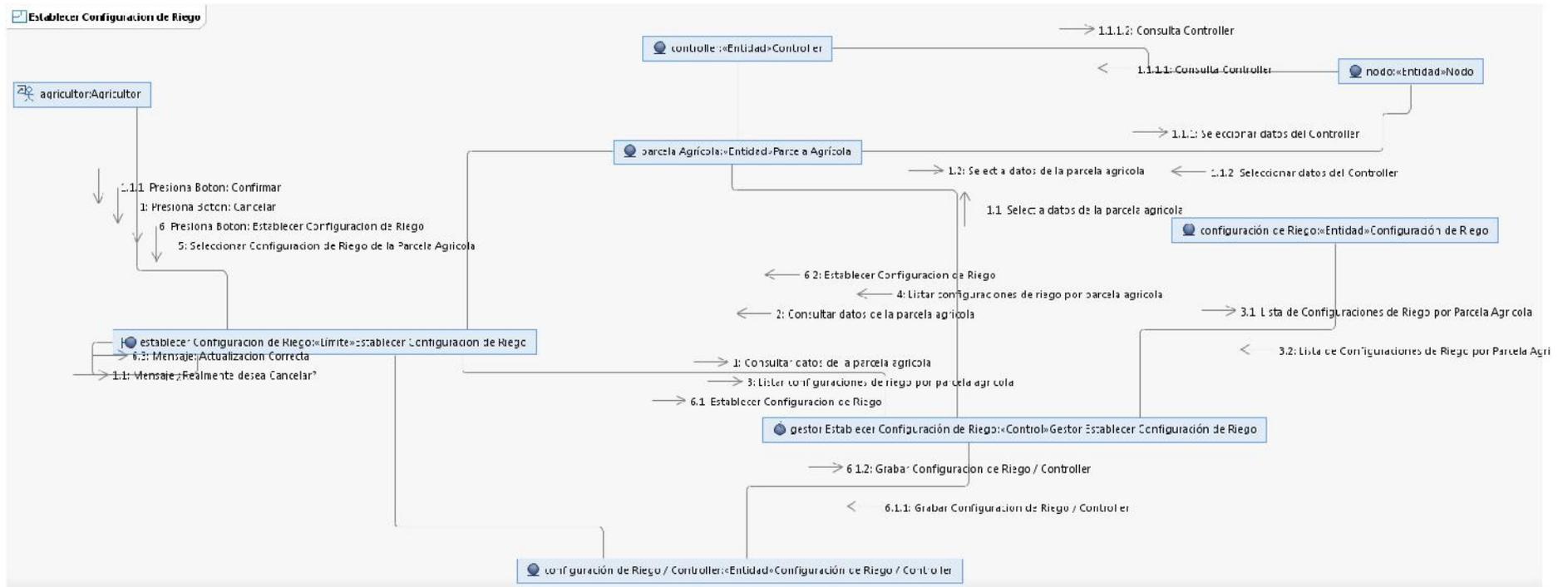


Figura 73. Diagrama de colaboración, 'establecer configuración de riego'

En la figura 73, se muestra el diagrama de colaboración del caso de uso de sistema, 'establecer configuración de riego'.

g. Caso de uso: login de usuario

- Diagrama de secuencia

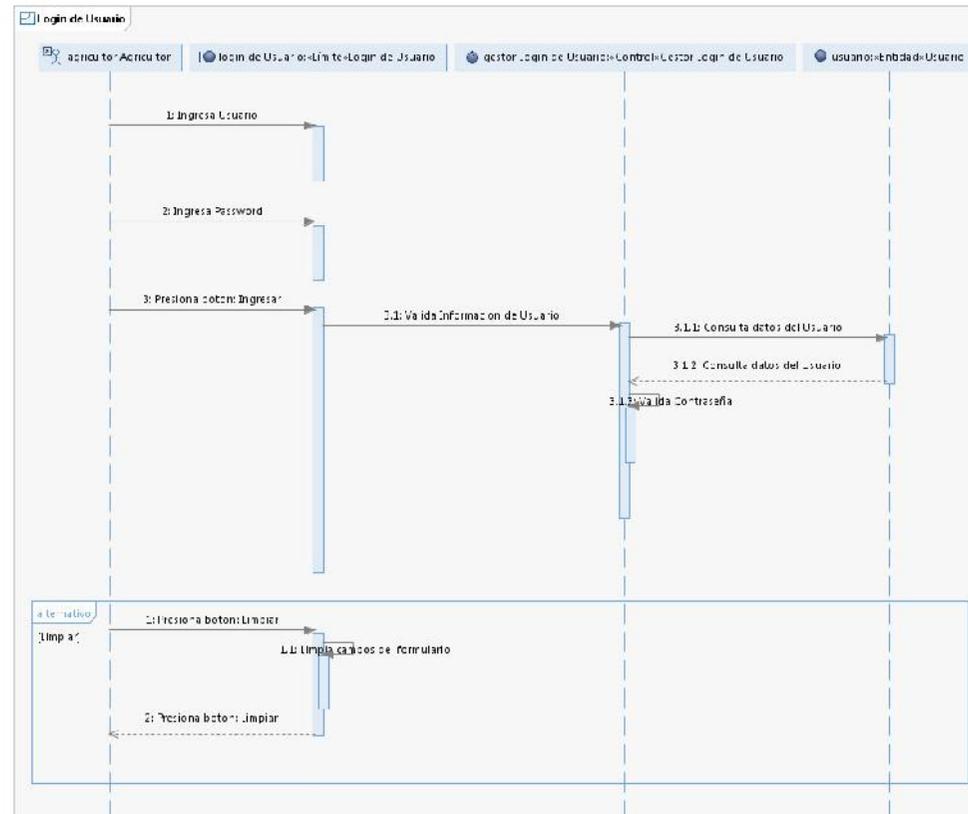


Figura 74. Diagrama de secuencia, Loguin de usuario

- Diagrama de colaboración

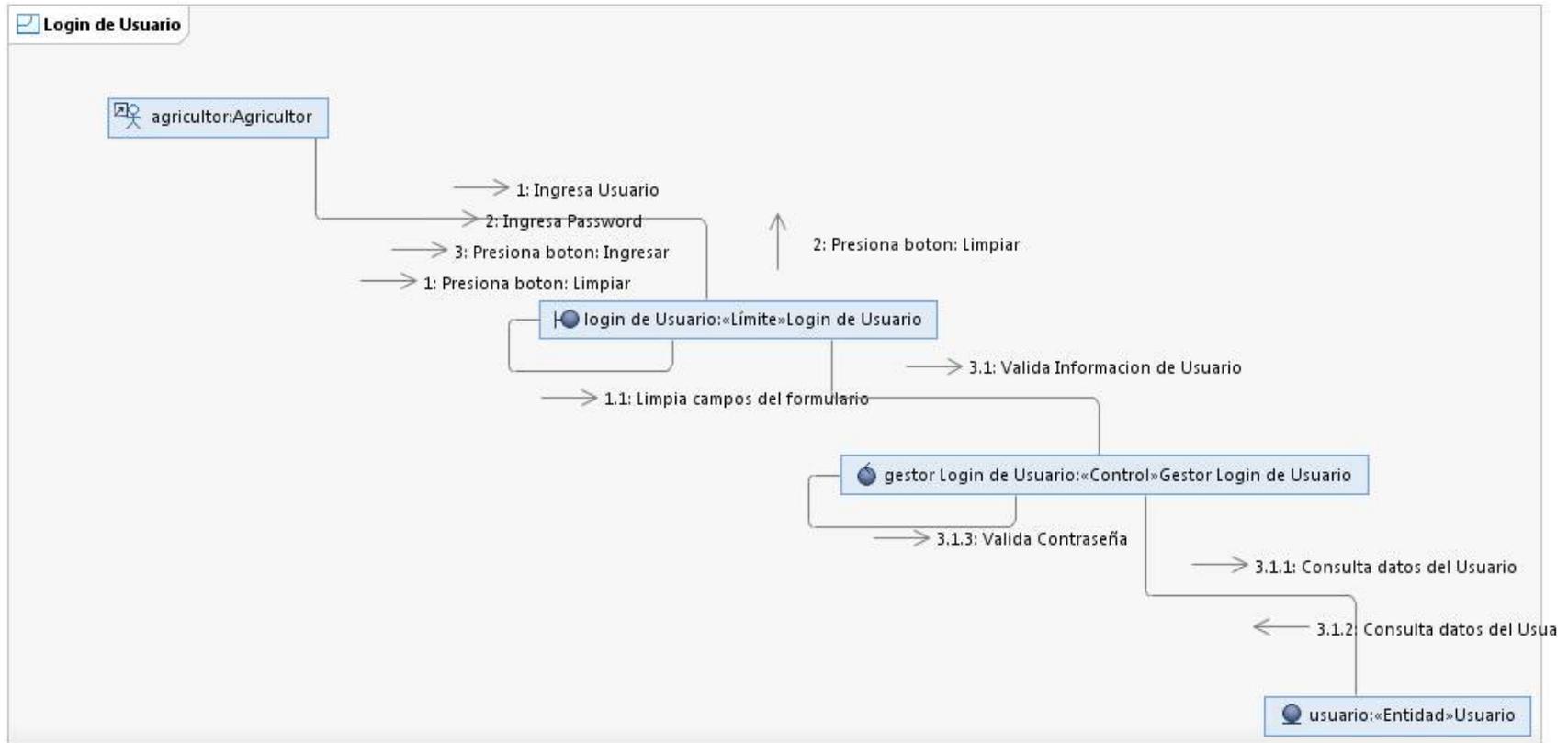


Figura 75. Diagrama de colaboración, Loguin de usuario

D. Diagrama de despliegue

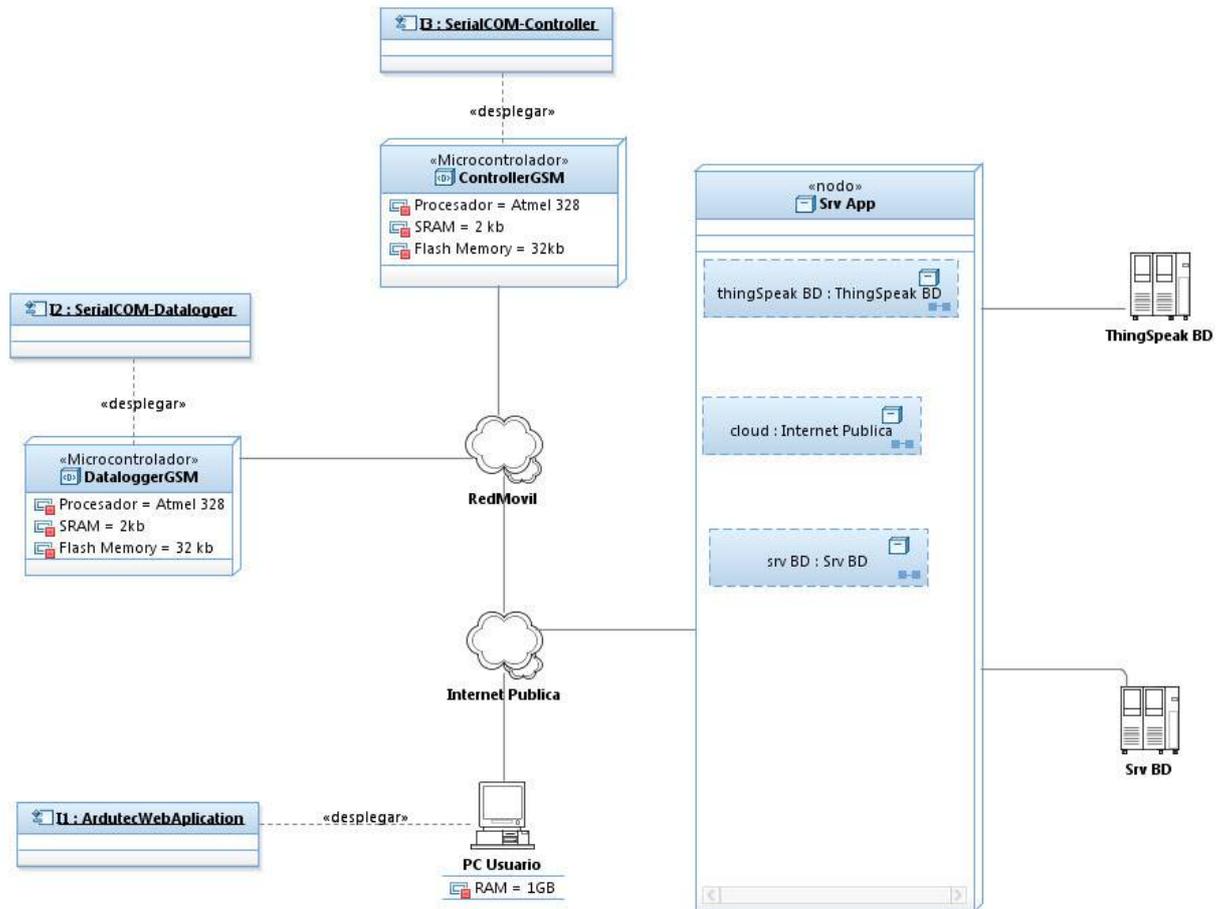


Figura 77. Diagrama de despliegue del sistema

La figura 77, muestra el diagrama de despliegue del sistema, donde se ve la disposición hardware, donde se puede visualizar que los microcontroladores *DataloggerGSM* y *ControllerGSM*, se conectan a la arquitectura del sistema, mediante la red móvil de cualquier operador móvil, y se pueden comunicar y compartir información con el servidor de aplicaciones.

Así mismo, el servidor de aplicaciones se conecta a la internet pública, y recibe las peticiones de los usuarios del sistema, que se pueden conectar por la internet pública o por las redes móviles, aunque también hay que resaltar que, desde la internet pública, es muy complicado acceder a la internet móvil, por limitaciones en las redes móviles de recibir peticiones desde la internet pública.

E. Diagrama de componentes

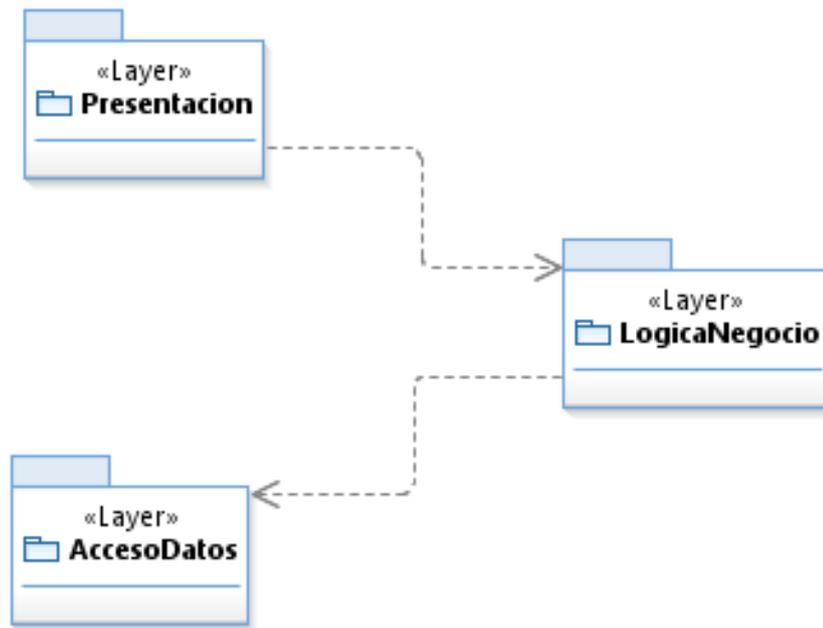


Figura 78. Diagrama de componentes

En el desarrollo del capítulo IV, se redacta el análisis de costo donde se sustenta las compras del proyecto, así como los recursos humanos necesarios para implementarlo y finalizarlo. También se redacta los beneficios que pueden generar por la siembra de hortalizas en una hectárea de terreno, sustentando el por qué, es un negocio rentable.

3.2 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

3.2.1 Requerimientos funcionales

Tabla 15. Requerimientos funcionales

Casos de Uso	CUS001	CUS002	CUS003	CUS004	CUS005
	Consultar parámetros de Riego	Monitorear Sensores	Enviar datos de sensores	Configurar parámetros de Riego	Configuración de Riego
RF01	El nodo Datalogger deberá enviar los datos tomados de las condiciones hídricas del suelo.		X		
RF02	El nodo Datalogger deberá enviar los datos tomados del tiempo atmosféricos.		X		
RF03	El sistema deberá dar instrucciones de regado a los dispositivos actuadores por medio de una configuración de riego.				X
RF04	El nodo Actuador deberá recibir las instrucciones de regado.	X			
RF05	El sistema deberá tener la configuración de las condiciones de riego para iniciar el riego.				X
RF06	El sistema deberá mostrar gráficos dinámicos históricos, donde se pueda visualizar los cambios en la humedad de tierra.		X		
RF07	El sistema deberá mostrar con indicadores los cambios en la humedad de tierra		X		
RF08	El sistema deberá tener la configuración de las condiciones de riego para finalizar el riego.				X

3.2.2 Requerimientos no funcionales

- El sistema web debe tener diseño *responsive*.
- El sistema web debe tener un juego de colores amigable y simple.
- En el sistema web debe predominar un color azul claro.
- El sistema web debe tener apartado de ayuda explícitos.

- En el sistema web, el texto de ayuda debe estar a la izquierda en los mantenimientos de tablas.
- En el mantenimiento de las tablas debe tener un apartado de búsqueda, para encontrar rápidamente el registro.
- Cuando se realice la baja de un cultivo en el sistema, se debe rellenar un código *captcha* e ingresar el usuario y contraseña del usuario que desea la baja.
- Cuando se abra la página web en una Tablet o Smartphone, no debe cargar la animación inicial del *carrousel*, sino mostrar solo una imagen.
- El Logueo del sistema se debe desplegar del menú principal.
- El formulario de loqueo del sistema en *smartphones*, debe estar incluido dentro del menú de inicio.
- El menú del sistema siempre debe estar presente y estático en la parte superior, en todas las pantallas del sistema.
- Al iniciar sesión debe mostrarse el nombre del usuario, al lado izquierdo del menú del sistema.
- Los mensajes negativos o de error deben ser de color rojo.
- Los mensajes de éxito, actualizado, deben ser de color verde claro.
- Los botones que simbolizan regresar a la página anterior u atrás, deben ser de color amarillo.
- El menú debe tener iconos referenciales amigables para el agricultor.
- No se pueden eliminar las configuraciones de riego que estén en uso por 1 o más parcelas agrícolas, dentro del sistema.

3.3 DESARROLLO

3.3.1 Diseño e implementación de la base de datos

A. Modelo conceptual

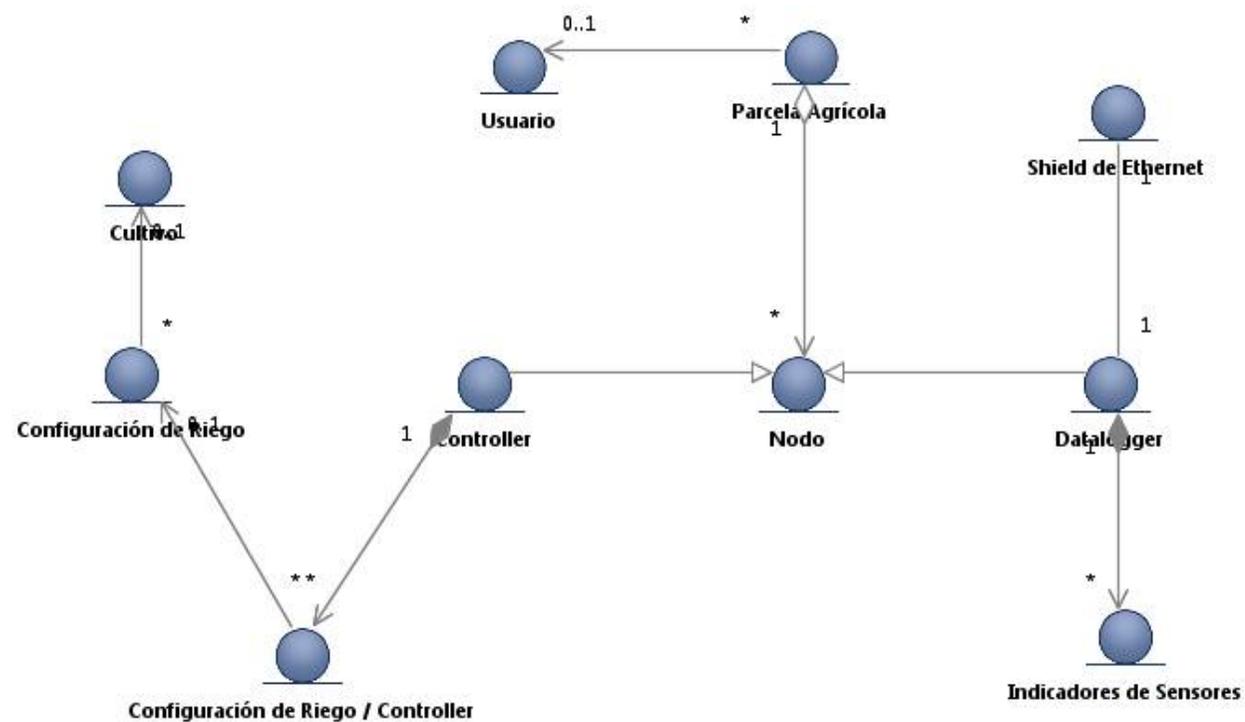


Figura 79. Modelo conceptual de a base de datos

B. Modelo lógico

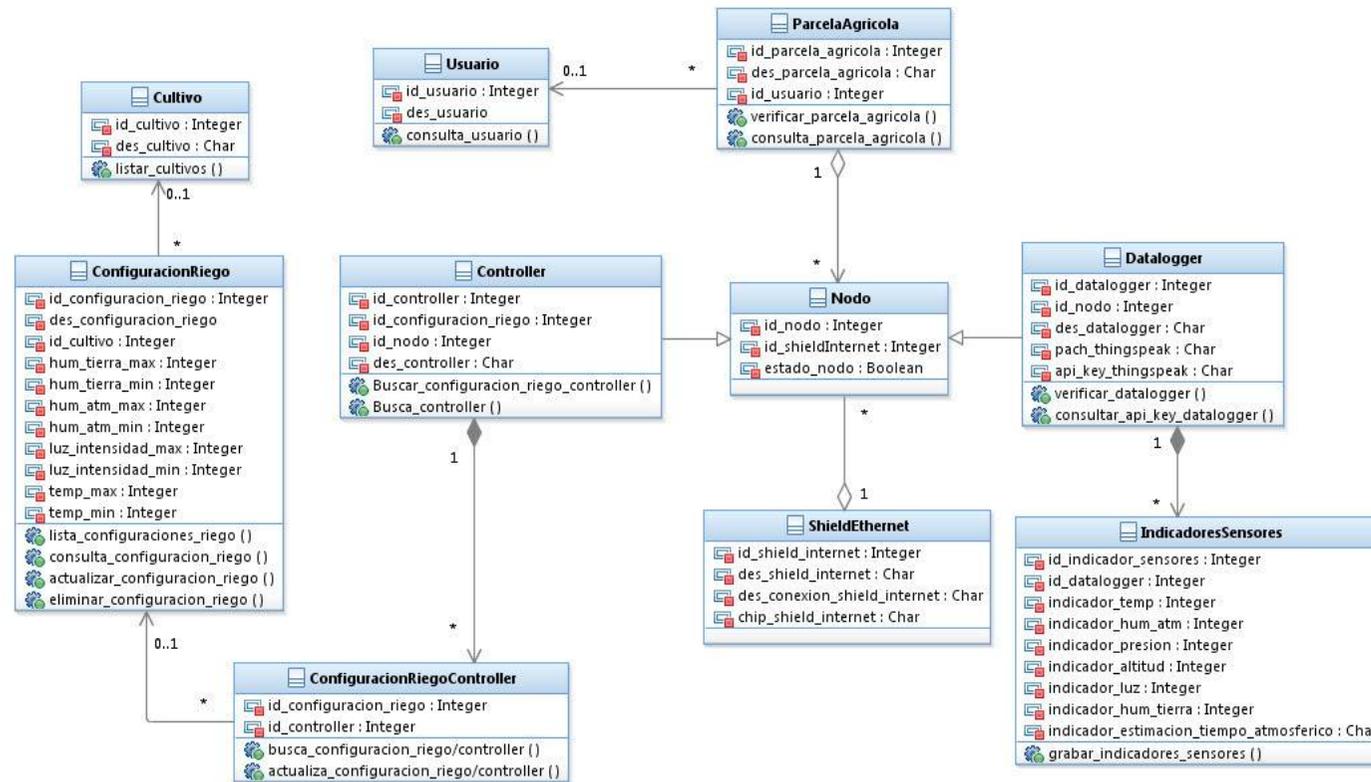


Figura 80. Modelo lógico de la base de datos

3.3.2 Diseño de la interfaz del sistema

A. Formulación de acceso de seguridad

a. Ingresando al sistema



Figura 81. Pantalla inicial de la aplicación web y login del sistema

En la figura 81, se muestra la pantalla inicial de la aplicación web, donde, desde el menú se puede desplegar una caja de logueo para el sistema, donde el usuario debe escribir su usuario y su *password* correctos para acceder.

b. Acceso al sistema

Bienvenido al Sistema Administrativo de Riego ArduTEC!!

Mis Cultivos Activos

+ Nuevo Cultivo

Mostrar 10 entradas

ID	Parcela	Planta	Sistema	Tiempo	Creado	Riego
6	BBVA Alquiler 1 Principal Sensores Riegos Config. Riego Conf. Cultivo	Papa Capiro	Gotco	21 / dias	2016-02-11 10:55:04	OFF
23	Alquiler No.2 Principal Sensores Riegos Config. Riego Conf. Cultivo	Espinaca	Goteo	53 dias	2016-07-24 23:29:27	OFF

Figura 82. Apartado mis cultivos activos

En la figura 82, después de colocar el usuario y *password* correctos, el sistema muestra la lista de los cultivos activos, con sus diferentes accesos, como lo son el botón principal, sensores, riegos, configuración de riego y configuración de cultivo.

También desde esta pantalla se podrá crear nuevos cultivos.

Esta lista se visualiza dentro de una tabla dinámica donde se puede realizar búsquedas de registro.

B. MENÚ PRINCIPAL DEL SISTEMA

a. Apartado de cultivos

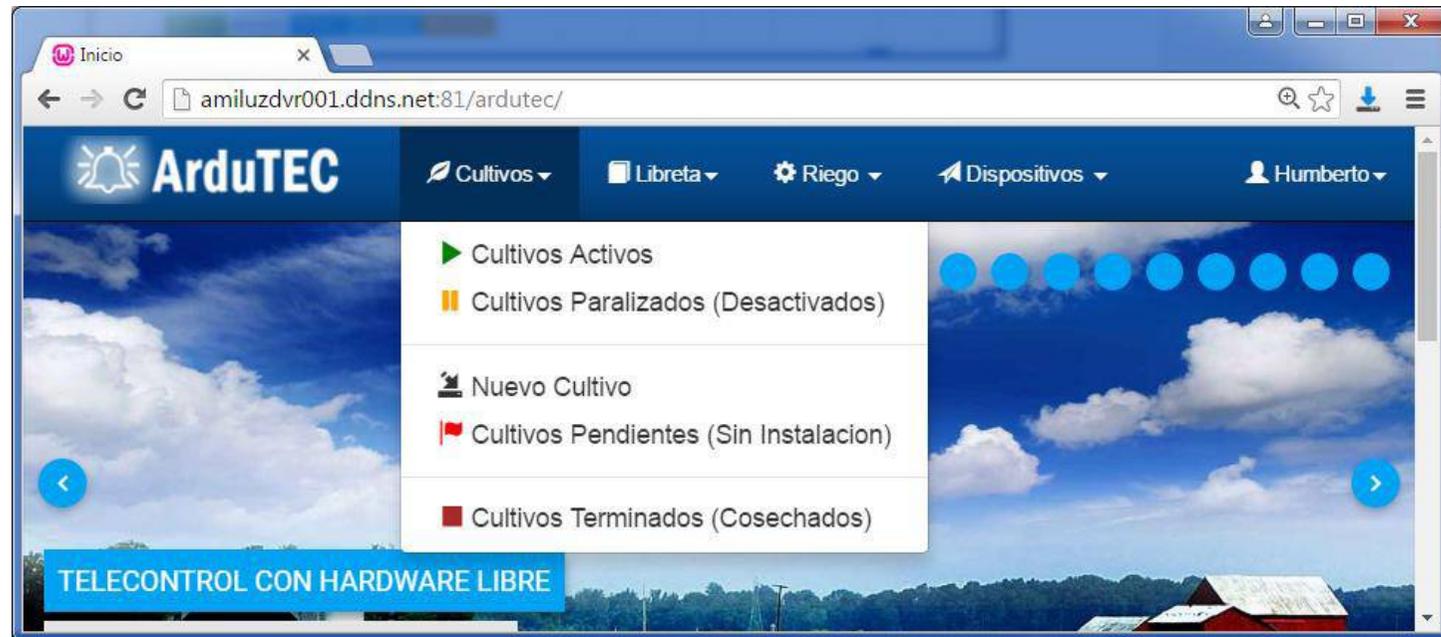


Figura 83. Menú principal / Cultivos

En la figura 83, después de colocar el usuario y *password* correctos, el sistema muestra la lista de los cultivos activos, con sus diferentes accesos, como lo son el botón principal, sensores, riegos, configuración de riego y configuración de cultivo.

También desde esta pantalla se podrá crear nuevos cultivos.

Esta lista se visualiza dentro de una tabla dinámica donde se puede realizar búsquedas de registro.

b. Apartado de Libreta



Figura 84. Menú principal / Libreta

En la figura 84, se puede visualizar el menú/libreta, donde se guarda la lista de parcelas agrícolas, así como la lista de plantas, en el sistema.

c. Apartado de Riego



Figura 85. Menú principal / Riego

En la figura 85, se visualiza el apartado riego, en menú / riego donde se podrá crear nuevas configuraciones de riego, así como acceder al mantenimiento de las configuraciones de riego.

d. Apartado de Dispositivos



Figura 86. Menú principal / Dispositivos

En la figura 86, se visualiza el apartado 'dispositivos', en menú / dispositivos, donde se podrá registrar y enlazar nuevos dispositivos, así como acceder al mantenimiento de los dispositivos registrados en el sistema.

e. Menú principal de cultivos activos

ID	Parcela	Planta	Sistema	Tiempo	Creado	Riego
6	BBVA Alquiler 1	Papa Capiro	Goteo	217 dias	2018-02-11 10:55:04	OFF
23	Alquiler No.2	Espinaca	Goteo	53 dias	2016-07-24 23:28:27	OFF
24	Casa SMP-2	Espinaca	Goteo	52 dias	2016-07-25 21:52:53	OFF

Figura 87. Modulo Cultivo / Mis cultivos activos

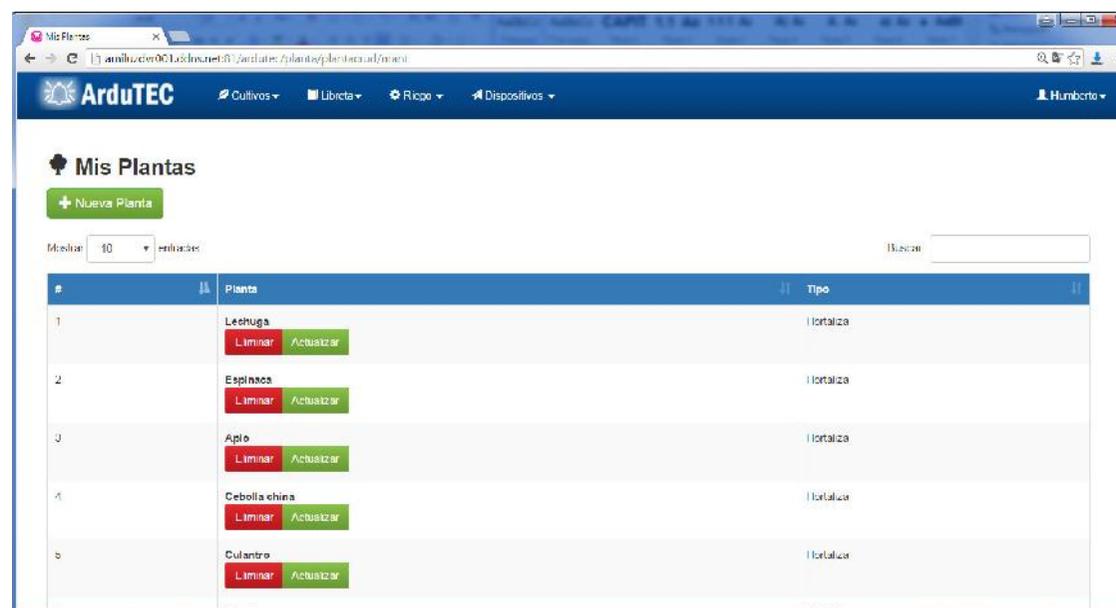
En la figura 87, se muestra el apartado que se visualiza al inicio, si se tienen cultivos correctamente registrados, instalados y operativos, desde donde se podrá acceder al control de los cultivos en las parcelas agrícolas, así como a su información recolectada por los sensores.

C. Formularios de procesos

a. Mantenimiento de tablas principales

- Mantenimiento de tabla plantas

- Visualizar lista de plantas



#	Planta	Tipo
1	Lechuga Liminar Actualizar	Hortaliza
2	Espinaca Liminar Actualizar	Hortaliza
3	Ajo Liminar Actualizar	Hortaliza
4	Cebolla china Liminar Actualizar	Hortaliza
5	Culantro Liminar Actualizar	Hortaliza

Figura 88. Menú principal / libreta / Lista de plantas

En la figura 88, se muestra la lista de plantas del sistema. Se puede ubicar desde Menú / Libreta / Lista de plantas

– Agregar planta

ArduTEC Cultivos Libreta Riego Dispositivos Humberto

Agregar Planta

Nota:
Al termina de llenar el formulario, presione el boton Grabar para registrar la informacion de la nueva planta u arbol.

Nombre de la Planta: Papa UNICA

Tipo de planta: Tuberculo

Grabar Limpiar SALIR

AYUDA

Si usted adquirio una nuevo terreno agricola o propiedad donde desea sembrar. Puede ingresar sus caracteristicas en este formulario para guardarlo. Podria asociarlo posteriormente a algun cultivo que desea sembrar.

Sistemas de riego instalados en Parcelas:



Figura 89. Menú principal / libreta / agregar nueva planta

En la figura 89, se muestra la pantalla desde donde se registra nuevas plantas en el sistema, de esta manera cuando se quiera crear un nuevo cultivo y se seleccione la planta que se desea cultivar, estará disponible para elegirlo.

The screenshot shows the ArduTEC web interface. At the top, a dark blue navigation bar contains the logo and menu items: Cultivos, Libreta, Riego, and Dispositivos. The user name 'Humberto' is visible in the top right. A green notification banner at the top center displays the message: 'Datos registrados en la Base de datos Correctamente!!!'. Below this, the 'Mis Plantas' section features a '+ Nueva Planta' button. A search bar contains the text 'papa|'. A table lists three plant records, each with 'Eliminar' and 'Actualizar' buttons. The footer of the table area shows 'Mostrando de 1 a 3 de 3 registros (Filtrados de 13 registros totales)' and navigation buttons for 'Anterior', '1', and 'Siguiente'.

#	Planta	Tipo
10	Papa Capiro Eliminar Actualizar	Tuberculo
11	Papa Huayro Eliminar Actualizar	Tuberculo
12	Papa UNICA Eliminar Actualizar	Tuberculo

Figura 90. Nuevo registro de planta en el sistema

En la figura 90, se pueda visualizar en la parte superior, en una caja de color verde, 'Datos registrados en la base de datos correctamente', significa, que el registro de la planta en el sistema, fue exitoso.

– Editar planta

The screenshot shows the 'Editar Planta' interface. At the top, there is a navigation bar with the ArduTEC logo and menu items: Cultivos, Libreta, Riego, and Dispositivos. The user's name 'Humberto' is visible in the top right. The main content area is titled 'Editar Planta' and contains a note: 'Nota: Al guardar la informacion, estaras actualizando la informacion de la planta ó arbol.' Below the note are three input fields: 'ID Planta' with the value '16', 'Nombre de la planta' with the text 'Papa UNICA para polleria', and 'Tipo de planta' with a dropdown menu showing 'Tuberculo'. At the bottom of the form are three buttons: 'Grabar' (green), 'Deshacer Cambios' (grey), and 'Atras' (orange). To the right, there is a yellow sidebar with a 'AYUDA' section and a section titled 'Sistemas de riego instalados en Parcelas:' which includes two photographs of agricultural fields.

Figura 91. Editar registro de planta

En la figura 91, se muestra la pantalla del formulario 'editar planta', donde se puede modificar el registro de una planta.

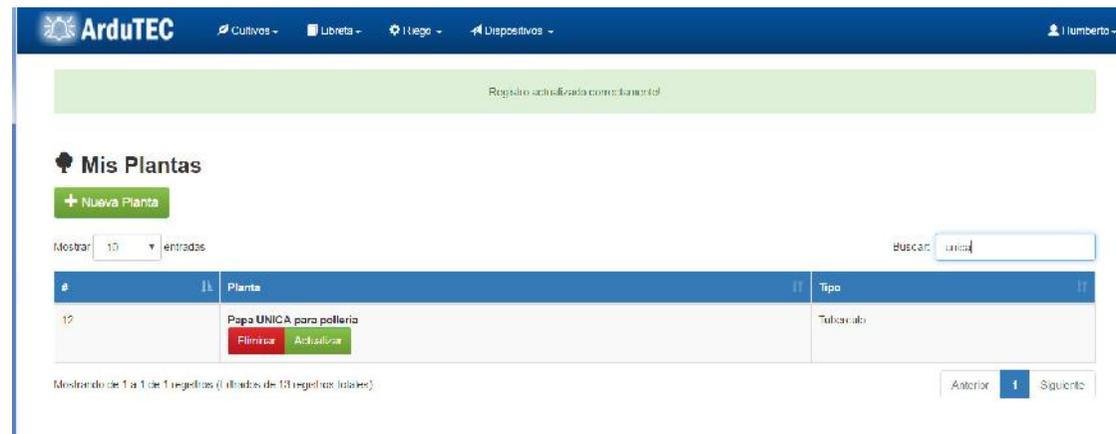


Figura 92. Registro de planta actualizado correctamente

En la figura 92, se muestra en la parte superior, 'registro actualizado correctamente', que confirma la actualización correcta del registro.

– Eliminar planta

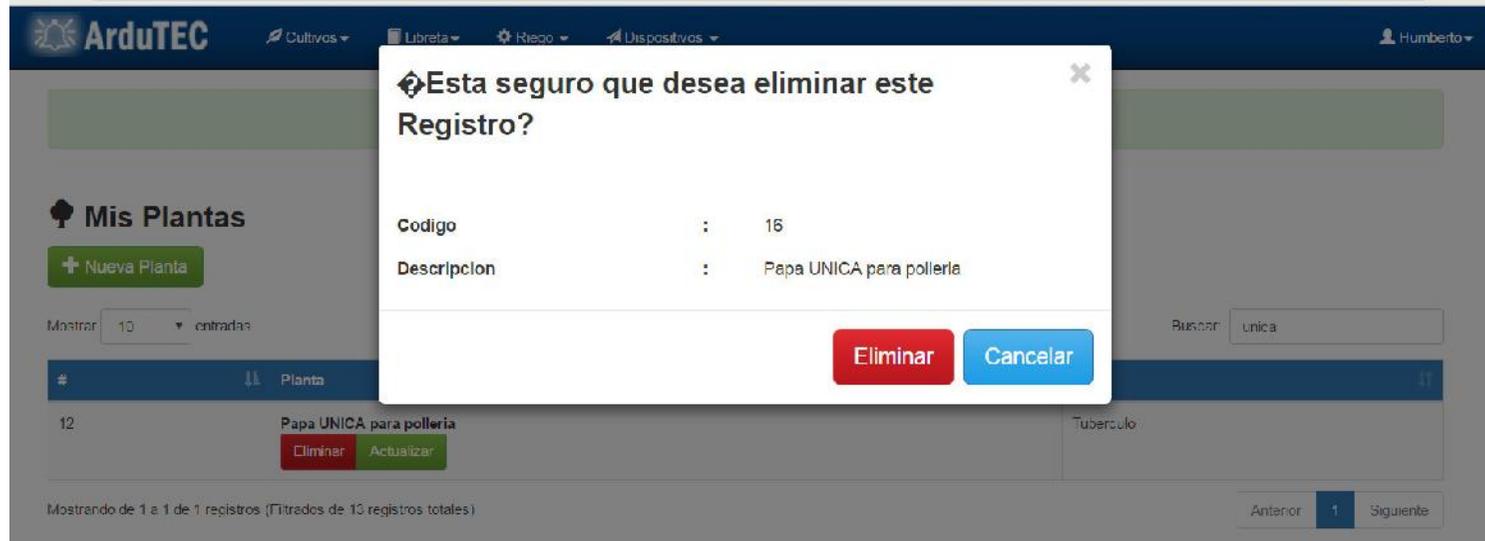


Figura 93. Eliminando registro de planta

En la figura 93, se muestra un pop-up de confirmación de eliminación de registro de planta.

ArduTEC Cultivos Libreta Riego Dispositivos Humberto

Registro Eliminado correctamente!

Mis Plantas

+ Nueva Planta

Mostrar 10 entradas Buscar: papa

#	Planta	Tipo
10	Papa Capiro Eliminar Actualizar	Tuberculo
11	Papa Huayro Eliminar Actualizar	Tuberculo

Mostrando de 1 a 2 de 2 registros (Filtrados de 12 registros totales) Anterior 1 Siguiente

Figura 94. Registro de planta eliminado correctamente

En la figura 94, se muestra en la parte superior el mensaje, 'registro eliminado correctamente', que confirma que el registro elegido, esta eliminado del sistema.

- **Mantenimiento de tabla Parcelas**
 - **Visualizar lista de parcelas**

Mis Parcelas

+ Nueva Parcela

Mostrar 10 entradas Buscar:

#	Descripcion	Ubicacion	Nota
1	APES-01 Eliminar Actualizar	Villa Maria del Triunfo	siii
2	Fundo.Pamela Sec.2 Eliminar Actualizar	Campo Verde	Es la segunda chacra que pamela compro, para generar mas ingresos
3	Fundo.Pamela Sec.3 Eliminar Actualizar	Neshuya	En este lugar hay algunos arboles frutales, algunos animales nativos, como amadillos
4	Fundo.Pamela Sec.4 Eliminar Actualizar	Neshuya	En este lugar hay algunos arboles frutales, algunos animales nativos, como amadillos

Figura 95. Menú principal / Lista de parcelas

En la figura 95, se muestra la lista de las parcelas agrícolas. Se puede acceder a esta lista desde el Menú / Libreta / Mis parcelas. Desde esta pantalla se puede realizar el mantenimiento de los registros de las parcelas agrícolas registradas en el sistema.

– Agregar parcela

ArduTEC Cultivos Libreta Riego Dispositivos | humbero

Agregar Parcela

Nota:
Al momento de llenar el formulario, presione el botón 'Guardar' para registrar la información de la nueva parcela agrícola.

Nombre de la Parcela: Jardin UCH 2017

Area de la Parcela: 200 m2

Ubicacion: Los OLIVOS

Nota: jardin con lluvia solida

The Nota field must contain only alphabets or spaces

Seleccione imagen: Ningun arch... leccionado

Máximo 3MB

AYUDA

Si usted adquirió una nueva parcela agrícola o propiedad donde desea sembrar. Puede ingresar sus características en este formulario para guardarla. Podrá asociarla posteriormente a algún cultivo que desea sembrar.

Sistemas de riego instalados en Parcelas:

- 
- 
- 
- 

Características:

- Debe registrar por lo menos una parcela para poder asociarlo a un cultivo nuevo.
- Cuando llega el día de la cosecha, la parcela quedará libre para que pueda colocarse en un nuevo cultivo.
- Dependiendo del sistema de riego que se implementa, es necesario instalar los sistemas mecánicos de riego, ya sea en el sistema.

Figura 96. Menú principal / Agregar parcela

En la figura 96, se muestra el formulario, 'agregar parcela', desde donde se ingresa los datos de la parcela a ingresar en el sistema.

ArduTEC Cultivos Libreta Riego Dispositivos Humberto

Datos registrados en la Base de datos Correctamente!!!

Mis Parcelas

+ Nueva Parcela

Mostrar 10 entradas Buscar: @id 2017

#	Descripcion	Ubicacion	Nota
16	Jardin UCH 2017 Eliminar Actualizar	Los Olivos	Jardin con lluvia sol de

Mostrando de 1 a 1 de 1 registros (Filtrados de 16 registros totales)

Anterior 1 Siguiete

Figura 97. Parcela registrada correctamente

En la figura 97, se muestra el mensaje 'datos registrados en la base de datos correctamente', significa que, fue exitoso el registro de la nueva parcela.

– Editar parcela

ArduTEC Cultivos Libreta Riego Dispositivos Humberto

Editar Parcela

Nota:
Al guardar la información, estamos actualizando la información de la parcela agrícola.

ID Parcela: 05

Nombre de la Parcela: Jardin Sistemas UCH

Area: 200 mt2

Ubicación: Los Clivos

Observación: Jardin del patio de la facultad de ingeniería de sistemas

El campo Nota es obligatorio.

Seleccione imagen: Ningún archivo seleccionado
Máximo 500KB

AYUDA

¿Quieres adquirir una nueva terreno agrícola o propiedad donde desea sembrar. Puede ingresar sus características en este formulario para guardarlo. Podrá asociarlo posteriormente a algún cultivo que desea sembrar.

Sistemas de riego instalados en Parcelas:

Características:

- Debe registrar por lo menos una parcela para poder asociarlo a un cultivo nuevo.
- Cuando llega el día de la cosecha, la parcela quedara libre para que pueda seleccionarse en un nuevo cultivo.
- Dependiendo del sistema de riego que se implemente, los sistemas mecánicos de riego se instalara en el sistema.
- Cuando llega el día de la cosecha, la parcela quedara libre

Figura 98. Editar registro de parcela

En la figura 98, se muestra el formulario, 'editar parcela', donde se modifica los datos una parcela en el sistema.

The screenshot shows the ArduTEC web interface. At the top, a dark blue navigation bar contains the logo and menu items: Cultivos, Inventario, Riego, and Dispositivos. A user profile icon labeled 'Humberto' is in the top right. Below the navigation bar, a green message box states 'Registro actualizado correctamente!'. The main section is titled 'Mis Parcelas' and includes a '+ Nueva Parcela' button. Below this, there is a 'Mostrar' dropdown set to '10' and a search box with the text 'id:demex'. A table with columns '#', 'Descripcion', 'Ubicacion', and 'Nota' displays one record. The record has ID 16, description 'Jardin Sistemas TICs', location 'Los Olivos', and note 'Jardin del patio de la facultad de Ingenieria de sistemas'. Below the table, a pagination bar shows 'Mostrando de 1 a 1 de 1 registros (dentro de 10 registros totales)' and a 'Anterior 1 Siguiente' navigation set.

#	Descripcion	Ubicacion	Nota
16	Jardin Sistemas TICs	Los Olivos	Jardin del patio de la facultad de Ingenieria de sistemas

Figura 99. Registro actualizado correctamente

En la figura 99, se muestra un mensaje, 'Registro actualizado correctamente', que confirma la actualización exitosa del registro

– Eliminar parcela

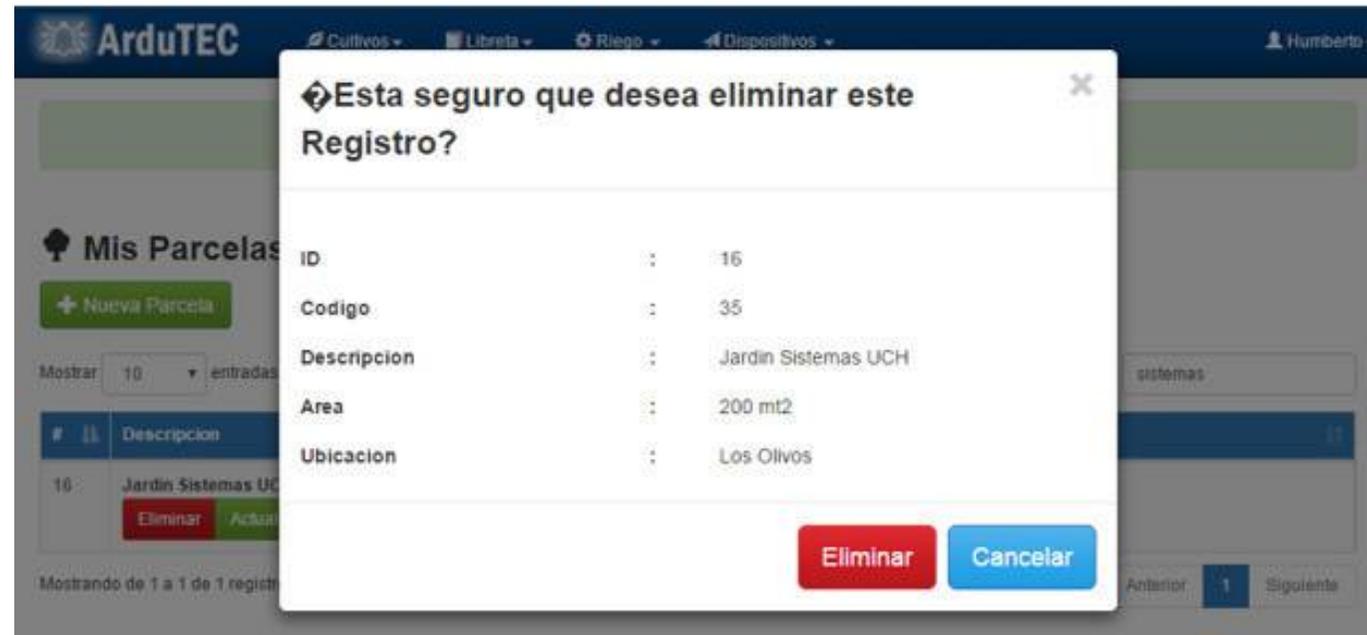


Figura 100. Confirmación para eliminar registro de parcela

En la figura 100, se muestra un pop-up para confirmar la eliminación de un registro de parcela.

Registro Eliminado correctamente!

Mis Parcelas

+ Nueva Parcela

Mostrar 10 entradas

Buscar:

#	Descripcion	Ubicacion	Nota
1	APCS-01 Eliminar Actualizar	Villa Maria del Triunfo	siii
2	Fundo.Pamela Sec.2 Eliminar Actualizar	Campo Verde	Es la segunda chacra que pamela comp'o, para generar mas ingresos
3	Fundo.Pamela Sec.3 Eliminar Actualizar	Neshuya	En este lugar hay algunos arboles frutales, algunos animales nativos, como armadillos
4	Fundo.Pamela Sec.4 Eliminar Actualizar	Neshuya	En este lugar hay algunos arboles frutales, algunos animales nativos, como armadillos
5	Casa de la Chacrita No.2 Eliminar Actualizar	Rio Chillon	Aca vive la familia muñoz, que siembra desde hace mas de 30 años

Figura 101. Registro de parcela eliminado correctamente

En la figura 101, se muestra el mensaje, 'registro eliminado correctamente'.

- **Mantenimiento de tabla parametrosriego**
 - **Visualizar registros de parametrosriego**

Configuraciones de Riego

+ Nueva Configuracion de Riego

Mostrar 10 entradas Buscar:

#	Descripcion	Tipo	Cultivo
1	Goteo.Lechugas.Verano EN USO Actualizar	Goteo	Lechuga
2	Puente del Camote EN USO Actualizar	Goteo	Espinaca
3	Goteo Lechuga Temporada Verano Eliminar Actualizar	Goteo	Lechuga
4	Configuracion de Marco Apio Invierno Eliminar Actualizar	Goteo	Apio

Figura 102. Lista de configuraciones de riego

En la figura 102, se visualiza la lista de configuraciones de riego, donde se podrá observar las configuraciones que estén en uso, que no se pueden eliminar, y las que no estén en uso, que tiene activo el botón de actualizar.

– **Agregar parametrosriego**



Figura 103. Seleccionar tipo de sistema de riego.

En la figura 103, se muestra la pantalla, 'crear nueva configuración de riego', donde debes elegir el sistema de riego para el cultivo. Puedes elegir entre sistema por goteo, NFT, aspersión y micro aspersión.

Nuevo Configuración de Riego por Goteo

Nota:
Al grabar usted podrá utilizar esta configuración de riego para una o varias parcelas, tenga mucho cuidado al usar una misma configuración de riego para varias parcelas, si constantemente estará modificando los valores de la configuración, se le aconseja crear una configuración por parcela.

Apodo	<input type="text" value="Rabanito en verano"/>
Sembrio	<input type="text" value="Rabanito"/>
Hum.Tierra Maxima	<input type="text" value="90"/>
Hum.Tierra Minima	<input type="text" value="80"/>
Intensidad de Luz Maxima	<input type="text" value="120"/>
Intensidad de Luz Minima	<input type="text" value="50"/>
Humedad de Ambiente Maximo	<input type="text" value="95"/>
Humedad de Ambiente Minimo	<input type="text" value="30"/>
Temperatura Max	<input type="text" value="40"/>
Temperatura Min	<input type="text" value="15"/>

AYUDA

Si usted adquirió un nuevo terreno agrícola o propiedad donde desea sembrar. Puede ingresar sus características en este formulario para guardarlo. Podrá asociarlo posteriormente a algún cultivo que desea sembrar.

Sistemas de riego instalados en Parcelas:



Características:

- Debe registrar por lo menos una parcela para poder asociarlo a un cultivo nuevo.
- Cuando llegue el día de la cosecha, la parcela quedará libre para que pueda seleccionarse en un nuevo cultivo.
- Dependiendo del sistema de riego que se implemente los sistemas mecánicos de riego se instalarán en el sistema.
- Cuando llegue el día de la cosecha, la parcela quedará libre para que pueda seleccionarse en un nuevo cultivo.
- Físicamente en la parcela se deben instalar 2 dispositivos de comunicación y control de riego.

Figura 104. Nueva configuración de riego por goteo

En la figura 104, se muestra el formulario, 'nueva configuración de riego por goteo', desde donde ingresamos los datos máximos y mínimos de las variables de riego humedad de tierra, intensidad de luz, humedad de ambiente y temperatura.

Datos registrados en la Base de datos. Correctamente!!!

Configuraciones de Riego

+ Nueva Configuración de Riego

Mostrar 12 entradas Buscar: rabinillo en verano

#	Descripcion	Tipo	Cultivo
8	Rabinillo en verano Eliminar Actualizar	Goteo	Rabinillo

Mostrando de 1 a 1 de 1 registros (Filtrados de 12 registros totales) Anterior 1 Siguiente

Figura 105. Nueva configuración de riego por goteo, registrado correctamente

En la figura 105, se muestra en la parte superior, 'datos registrados en la base de datos correctamente'.

– Editar parametrosriego

Editar Parametros de Riego Goteo

Nota:
Al cambiar los datos de la configuración, el cultivo responderá a los cambios. El tiempo que demora en realizarse los cambios son 20 segundos

ID GOTEO: 17

Hum.Tierra Maxima: 90

Hum.Tierra Minima: 80

Intensidad de Luz Maxima: 120

Intensidad de Luz Minima: 50

Humedad de Ambiente Maximo: 95

Humedad de Ambiente Minimo: 30

Temperatura Max: 40

Temperatura Min: 15

Grabar Limpiar SALIR

AYUDA

Si usted adquirió un nuevo terreno agrícola o propiedad donde desea sembrar. Puede ingresar sus características en este formulario para guardarlo. Podrá asociarlo posteriormente a algún cultivo que desea sembrar.

Sistemas de riego instalados en Parcelas:

Características:

- Debe registrar por lo menos una parcela para poder asociarlo a un cultivo nuevo
- Cuando llegue el día de la cosecha, la parcela quedará libre para que pueda seleccionarse en un nuevo cultivo
- Dependiendo del sistema de riego que se implemente los sistemas mecánicos de riego se instalarán en el sistema
- Cuando llegue el día de la cosecha, la parcela quedará libre para que pueda seleccionarse en

Figura 106. Editar registro de parámetros de riego por goteo

En la figura 106, se muestra el formulario, 'editar parámetros de riego por goteo', donde el usuario podrá editar un registro de configuración de riego por goteo.

Registro actualizado correctamente!

Configuraciones de Riego

+ Nueva Configuracion de Riego

Mostrar 10 entradas

Buscar: rabanito

#	Descripcion	Tipo	Cultivo
7	Riego de rabanito uno EN USO Actualizar	Goteo	Rabanito
8	Rabanito en verano Eliminar Actualizar	Goteo	Rabanito

Mostrando de 1 a 2 de 2 registros (Filtrados de 12 registros totales)

Anterior 1 Siguiente

Figura 107. Configuración de riego actualizado correctamente

En la figura 107, se muestra el mensaje, 'registro actualizado correctamente'.

D. Diseño de los prototipos o del sistema

a. Prototipo del CUS - Enviar indicadores de sensores

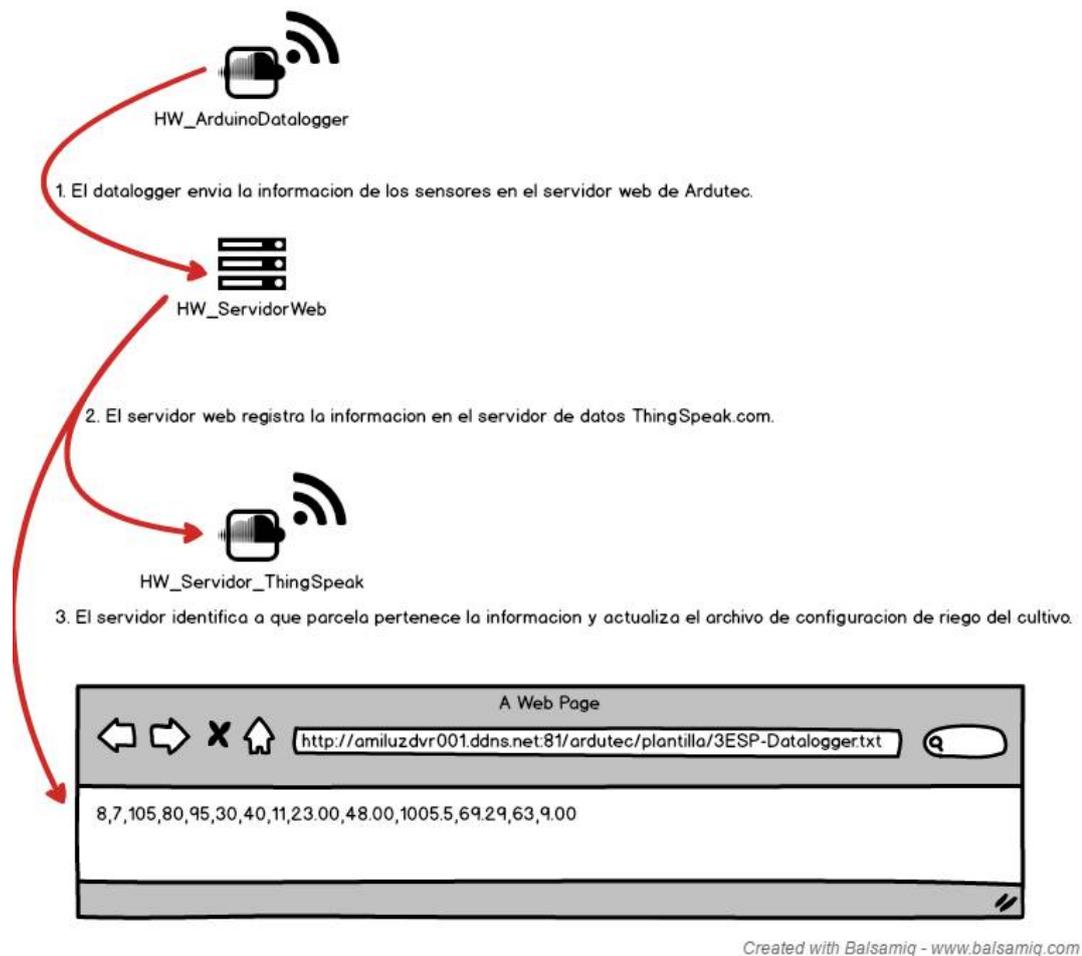


Figura 108. Prototipo del CUS – Enviar indicadores de sensores

A continuación, se explicará detalladamente algunos dispositivos representados en la figura 108:

- *HW_ArduinoDatalogger*: es el microcontrolador programado para recolectar información de los sensores conectados a este mismo, para posteriormente enviar esta información al servidor por las redes Ethernet, Wifi, GSM, 3G, etc.
- *HW_ServidorWeb*: es el servidor donde se aloja nuestro proyecto web, encargado de interactuar con las tarjetas electrónicas programables como *HW_ArduinoDatalogger* y *HW_ArduinoController*.

El gestor "Grabar Indicadores de Sensores".

1. Recibe los datos ingresados por el microcontrolador *HW_ArduinoDatalogger*.
2. El gestor, primero registra la información recolectada de los sensores en el servidor de datos de ThingSpeak.com
3. El gestor, consulta a que usuario pertenece la información enviada por el microcontrolador, esto es posible porque existe una llave foránea del usuario en la tabla *tb_parcela_agricola*.
4. El gestor consulta el sistema de riego que utiliza la parcela agrícola, para poder generar correctamente un archivo de lectura en formato txt con la información de los sensores y la última configuración guardada en el sistema de los parámetros de riego, de esta manera el dispositivo hardware *HW_ArduinoController*, podrá leer los datos necesarios para un correcto riego de la parcela agrícola.

b. Consultar parámetros de riego

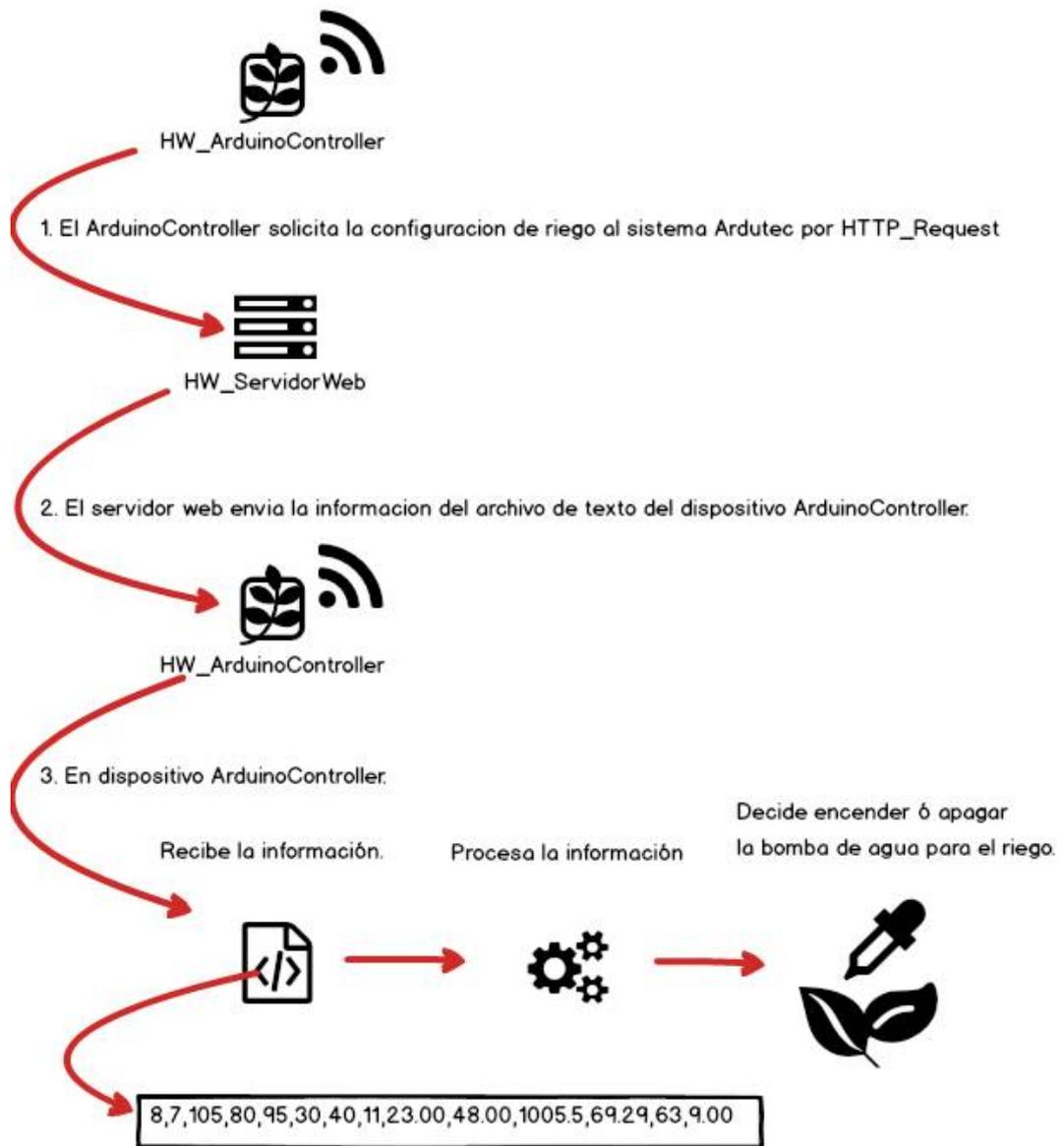


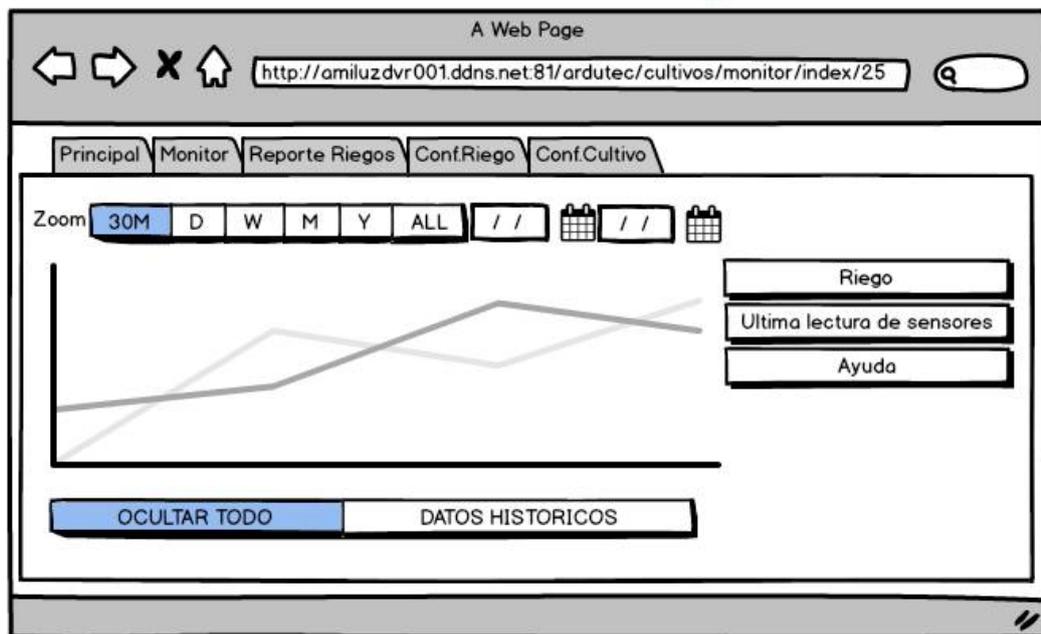
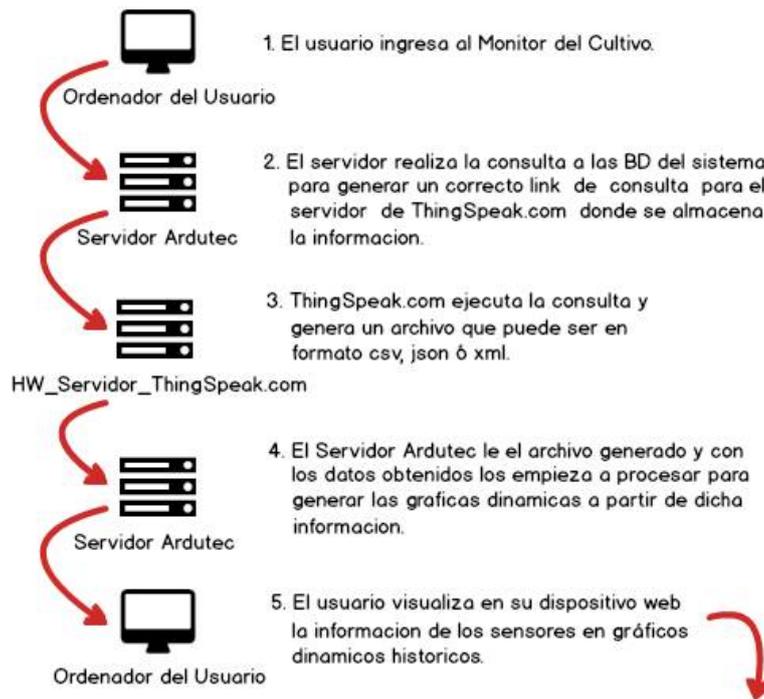
Figura 109. Prototipo de diseño del CUS – Consultar parámetros de riego

A continuación, se explicará detalladamente el funcionamiento de este prototipo del sistema, mostrado en la figura 109, así como los dispositivos que interactúan entre sí.

Este prototipo consiste en lograr la comunicación entre el dispositivo hardware HW_ArduinoController y el servidor web, HW_ServidorWeb.

1. En el Servidor Web (HW_ServidorWeb) existe un archivo generado por un caso de uso "Configurar parámetros de riego". Este caso de uso concatena la información de los indicadores de los sensores actuales más la información de la última configuración de riego de la parcela agrícola. Una vez obtenida la información de las consultas, se guarda la información en un archivo en formato TXT que será leído por el dispositivo hardware HW_ArduinoController.
2. Internamente el HW_ArduinoController, tiene un gestor de riego que procesa los datos leídos de un archivo generado por el servidor Web en formato TXT. Estos datos son procesados y almacenados temporalmente para utilizarlos sobre un algoritmo que decide los eventos de regar o dejar de regar, así como enviar las alertas al sistema web de los estados de riego.

c. Monitorear Sensores



Created with Balsamiq - www.balsamiq.com

Figura 110. Prototipo de diseño de CUS – Monitorear Sensores

En la figura 110, se explica el funcionamiento del prototipo del caso de uso del sistema, 'Monitorear Sensores'.

Este prototipo es gobernado por el "gestor general de sensores", que tiene los siguientes procedimientos:

1. Consulta la información de las tablas TB_parcela, TB_usuario y a la tabla TB_datalogger.
2. Con esta información, se realiza una solicitud HTTP al servidor de datos ThingSpeak.com, que devuelve la información en formato JSON, XML o CSV.
3. Una vez obtenida la consulta del servidor de ThingSpeak.com, el gestor procesa los datos obtenidos.
4. Después genera las gráficas dinámicas para que el usuario pueda visualizar de una manera amigable la información de los sensores.
5. También se genera los indicadores de sensores al lado derecho de las gráficas dinámicas, donde se visualiza los últimos datos recolectados por los sensores, así como la hora y fecha en que fue tomada la última lectura.

3.4 APLICACIÓN

3.4.1 PROGRAMACIÓN

A. Desarrollo de los prototipos del sistema

a. Prototipo 1

En el primer prototipo, se logró obtener los datos de los sensores con diseño web, sin responsive.

Los riegos se realizaban de forma manual, así como el apagado de los actuadores.

Actualmente, no es posible levantar esta aplicación.



Figura 111. Pantalla del sistema del prototipo 1 del sistema de riego y control

b. Prototipo 2

Funcionaba para un solo usuario y un solo cultivo. En la base de datos solo se implementó una tabla para el usuario que permita el logueo al sistema, **véase el formulario en la figura 112**. Se logró establecer los puentes de comunicación entre los microcontroladores y la página web. Se utilizaron las APIS de google para crear un calendario de eventos que gobiernen los riegos (programador de riegos) en el sistema, **véase la figura 115**. Este prototipo era capaz de encender y apagar una válvula solenoide por un tiempo programado, aunque el principal defecto, es que el sistema, no procesaba la información recolectada por los sensores, para interactuar en el encendido y apagado de los actuadores (bombas de agua, válvulas solenoides). La información recolectada no podía tomar un papel relevante en la automatización más que para la visualización de los datos, **véase las figuras 113 y 114**.

Inicie sesion:

Usuario

Nombre:

Clave

Contraseña:

Ingresar

Figura 112. Loguin del sistema del prototipo 2



Figura 113. Gráfica de todos los sensores del prototipo 2



Figura 114. Gráficas dinámicas de los sensores del prototipo 2

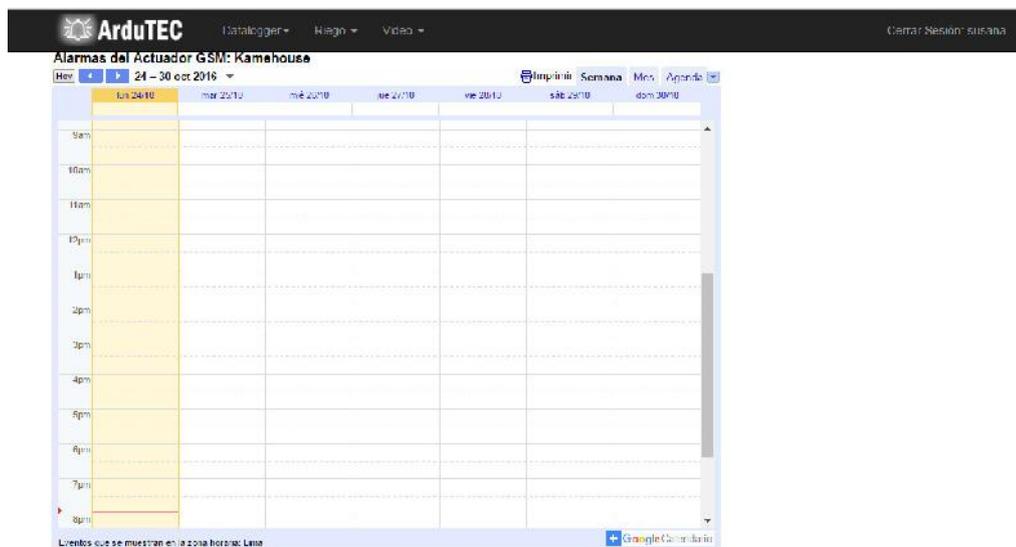


Figura 115. Programador de riego con Google Calendar del prototipo 2

c. Prototipo 3

En esta etapa se podría considerar que es una aplicación web completa y que por fin gestiona a los microcontroladores, como debe ser.

Esta aplicación si permite la automatización por medio de los indicadores recientes de los sensores y las condiciones de riego configuradas previamente en el sistema.

Esta solución permite enviar alertas, como la del encendido y el apagado de los actuadores, para saber a qué hora fue el encendido automático de estos.

Es una aplicación web multiusuario. Cada usuario podrá registrar sus propias parcelas agrícolas y cada registro de estas parcelas en el sistema, podrá gobernar un par de microcontroladores (datalogger y controller).

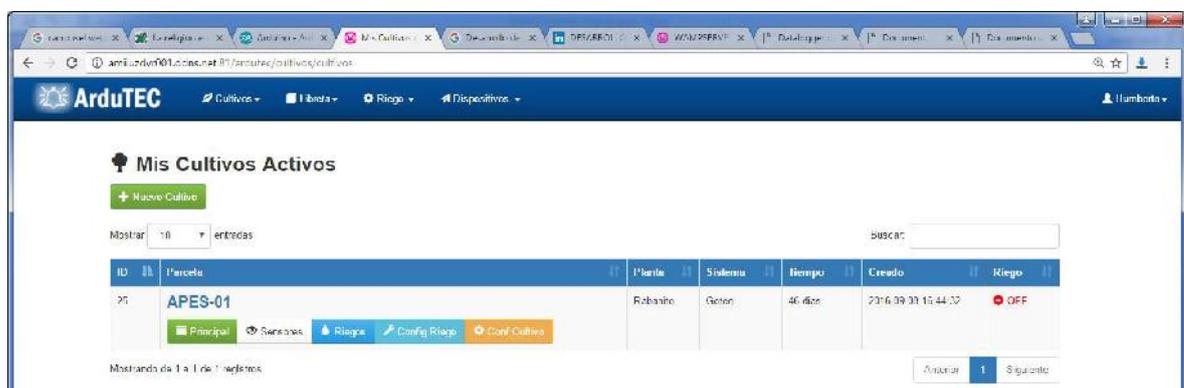


Figura 116. Cultivos activos del prototipo 3

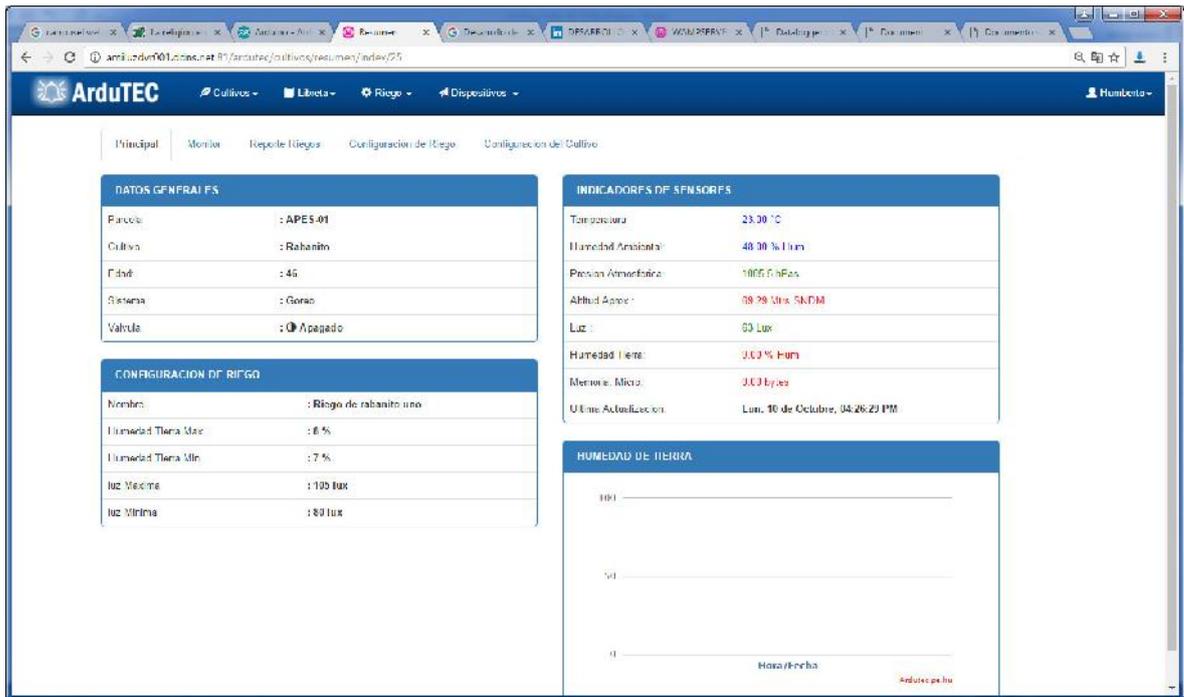


Figura 117. Módulo de gestión de cultivo / Resumen – Principal

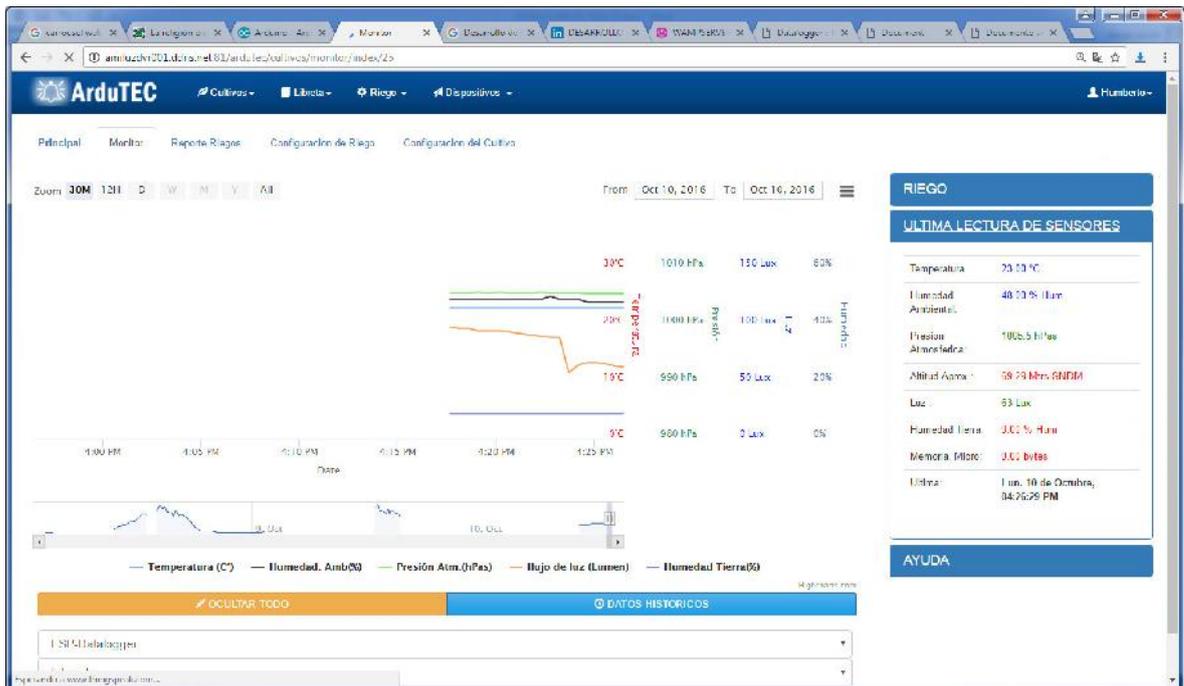


Figura 118. Módulo de gestión de cultivo / Monitor

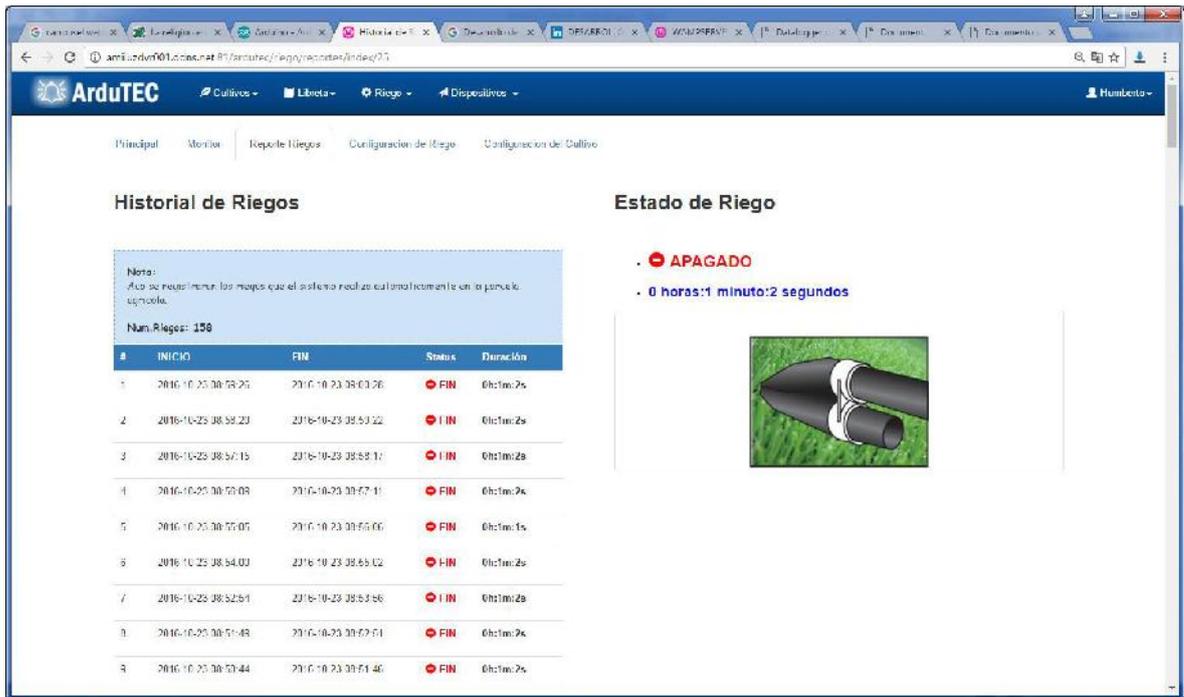


Figura 119. Módulo de gestión de cultivo / Reporte de riegos

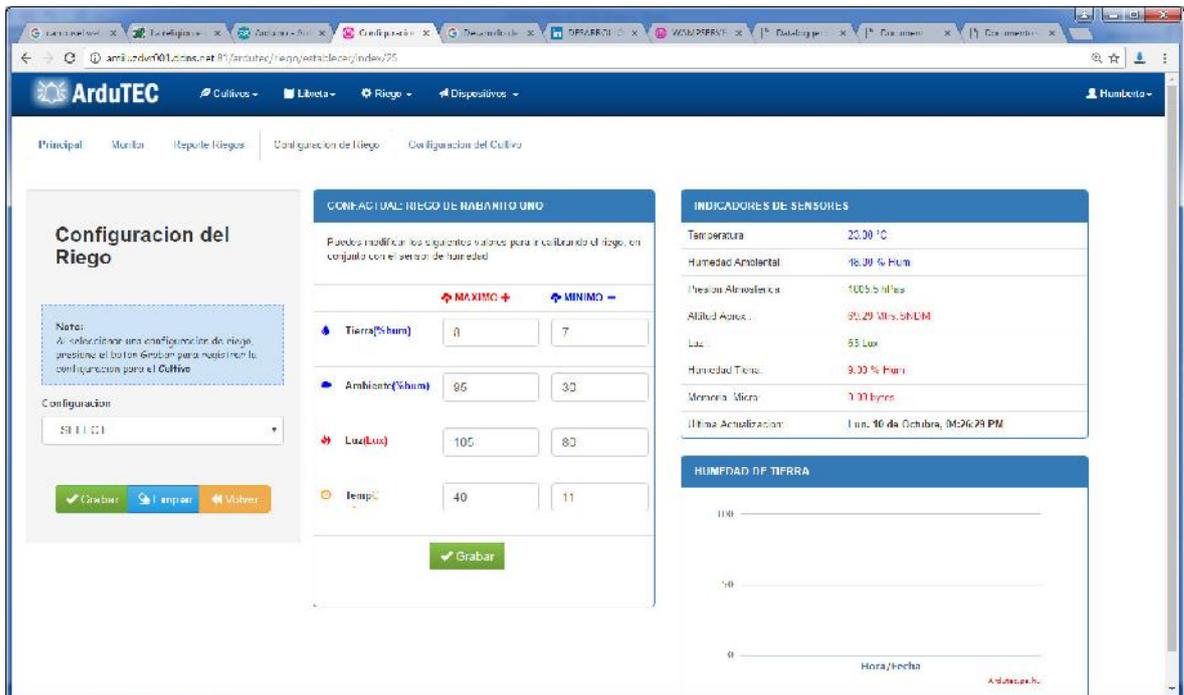


Figura 120. Módulo de gestión de cultivo / configuración de riego

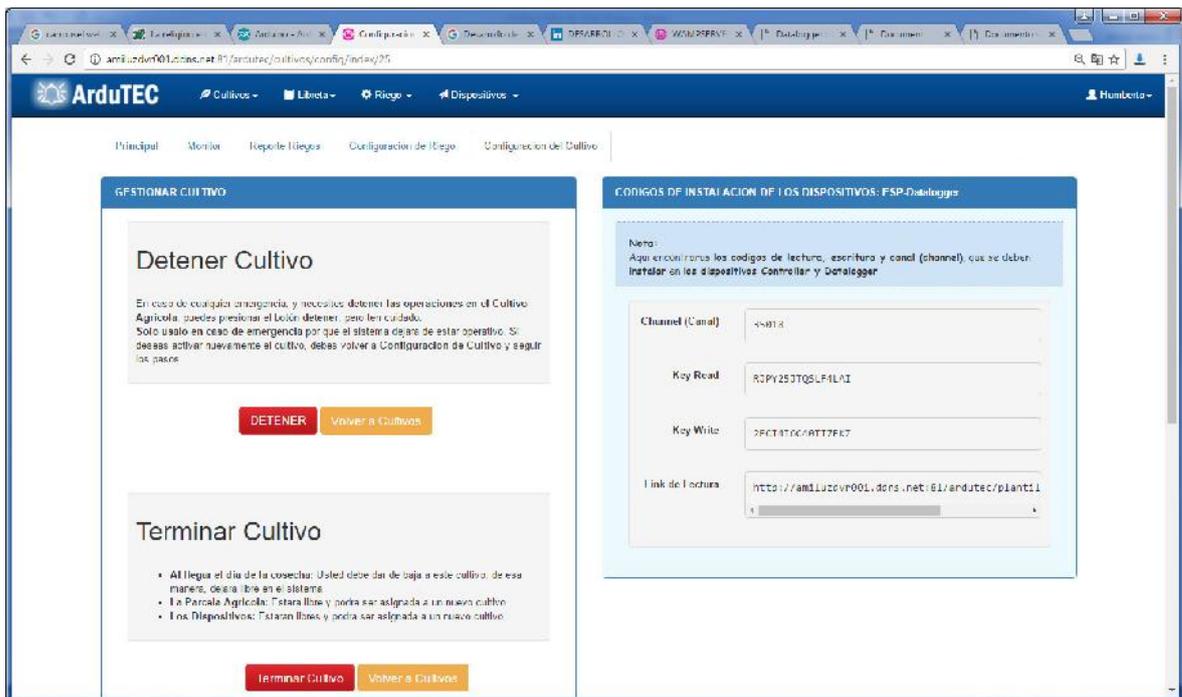


Figura 121. Módulo de gestión de cultivo / Configuración de cultivo

B. Corrección del sistema en desarrollo

Al concluir nuestro primer prototipo web y prototipos hardware para que nuestro proyecto esté en funcionamiento, sabíamos que sólo estábamos enfocados a que, en conjunto, la solución pueda controlar solo el riego de una parcela agrícola, El desarrollo del primer prototipo de la solución, nos sirvió como investigación para poder desarrollar los prototipos hardware adecuados para nuestras necesidades. Ahora nos vimos en la necesidad de aumentar algunos requerimientos adicionales descritos a continuación:

- Poder administrar más de una parcela agrícola.
- Poder visualizar los cultivos cosechados como parte del historial de siembra.
- Detener las operaciones de los cultivos en caso de emergencia.
- Visualizar los cultivos por tipo de estado:

- Activos: los cultivos que están controlados en tiempo real por el sistema.
- Paralizados: son los cultivos que estuvieron activos, pero que el usuario detuvo desde el sistema, con la intención de detener temporalmente el control a tiempo real.
- Pendientes: son los cultivos que no se terminaron de instalar correctamente en el sistema, al concluir pasan a cultivos activos.
- Terminados: son los cultivos que estuvieron activos y fueron dados de baja por el usuario. Significa el término o cosecha de lo que se sembró.
- Registro del estado de riego por el dispositivo Controller, encargado del riego.
- Mantenimiento de una nueva tabla parcelas agrícolas.
- Mantenimiento de una nueva tabla plantas.

3.5 IMPLEMENTACIÓN

3.5.1 Integración de los prototipos del sistema

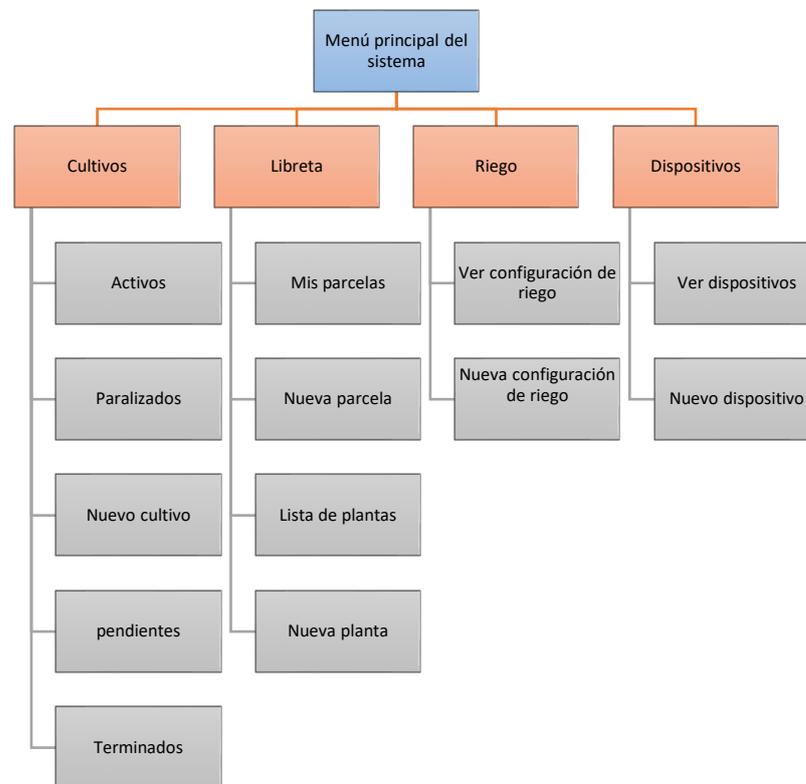


Figura 122. Mapa conceptual del menú del sistema

3.5.2 Instalación y configuración del software

A. Aplicación web

Para la instalación de los servicios web, al servidor le instalamos el entorno de desarrollo web, WampServer versión 2.2, para facilitar la instalación del motor de base de datos MySQL 5.5.24, servidor web Apache 2.2, y PHP 5.3.13.

Corremos el Script de la base de datos por medio de un gestor de base de datos HeidiSQL.

```
ardutec_bd_07-02-2016.sql
```

```

:14 -- Volcando datos para La tabla ardutec_bd.eventoriego: ~0 rows (aproximadam
:15 /*!40000 ALTER TABLE `eventoriego` DISABLE KEYS */;
:16 /*!40000 ALTER TABLE `eventoriego` ENABLE KEYS */;
:17
:18
:19 -- Volcando estructura para tabla ardutec_bd.goteo
:20 CREATE TABLE IF NOT EXISTS `goteo` (
:21   `id_goteo` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
:22   `id_parametrosriego` int(11) NOT NULL,
:23   `hut_max` int(11) NOT NULL,
:24   `hut_min` int(11) NOT NULL,
:25   `luz_max` int(11) NOT NULL,
:26   `luz_min` int(11) NOT NULL,
:27   `hua_max` int(11) NOT NULL,
:28   `hua_min` int(11) NOT NULL,
:29   `tmp_max` int(11) NOT NULL,
:30   `tmp_min` int(11) NOT NULL,
:31   PRIMARY KEY (`id_goteo`),
:32   KEY `FK_goteo_parametrosriego` (`id_parametrosriego`),
:33   CONSTRAINT `FK_goteo_parametrosriego` FOREIGN KEY (`id_parametrosrie
:34 ) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=6 DEFAULT CHARSET=latin1;
:35
:36 -- Volcando datos para La tabla ardutec_bd.goteo: ~2 rows (aproximadam
:37 /*!40000 ALTER TABLE `goteo` DISABLE KEYS */;
:38 INSERT INTO `goteo` (`id_goteo`, `id_parametrosriego`, `hut_max`, `hut
:39 (1, 1, 95, 82, 1500, 1000, 90, 20, 28, 25),
:40 (2, 6, 89, 80, 1500, 1000, 91, 20, 31, 20),
:41 (3, 7, 90, 80, 1500, 1000, 90, 20, 35, 24),

```

Figura 123. Script de la base de datos de la aplicación web

Configuramos el archivo .htaccess:

```

RewriteEngine on

RewriteCond $1 !^(index\.php|robots\.txt|sitemap\.xml|plantilla)

RewriteRule ^(.*)$ index.php?/$1 [L]

```

Para que el proyecto web permita cargar las plantillas y algunos archivos PHP, como puentes de comunicación entre los prototipos electrónicos y la aplicación web.

B. Prototipos electrónicos Arduino

Tanto para el nodo Controller y Datalogger, se debe cargar los Sketch (códigos Arduino) a las tarjetas microcontroladores Arduino respectivamente.

Tener chips GSM/GPRS con plan de datos de cualquier operador que trabaja con estas tecnologías inalámbricas.

Contar con un regulador de voltaje continuo de 12 voltios a 2 amperios recomendablemente, para asegurarnos un correcto

funcionamiento durante los picos eléctricos del modem GSM, al momento de envío de datos o lectura.

También se podrían usar diversas tarjetas con acceso a internet y poder hacer las peticiones HTTP desde el microcontrolador por medio de la comunicación serial con las tarjetas de red WIFI, ESP8266, Wiznet (Ethernet).

a. Prototipo *datalogger*

El dispositivo deberá contar con la circuitería correctamente conectada para evitar cualquier cortocircuito respecto a los sensores, que deben tener una correcta alimentación, ya sea por medio del Arduino o de una fuente de poder externa.

b. Prototipo *controller*

Este dispositivo gestionará un módulo de doble relay, que deberá tener una alimentación externa para asegurar un correcto encendido y apagado de los actuadores, de esta manera el microcontrolador Arduino, no padecerá al enviar los pulsos de encendido y apagado.

3.6 MONITOREO

3.6.1 Desarrollo de pruebas en producción

a. Monitoreo de sensores

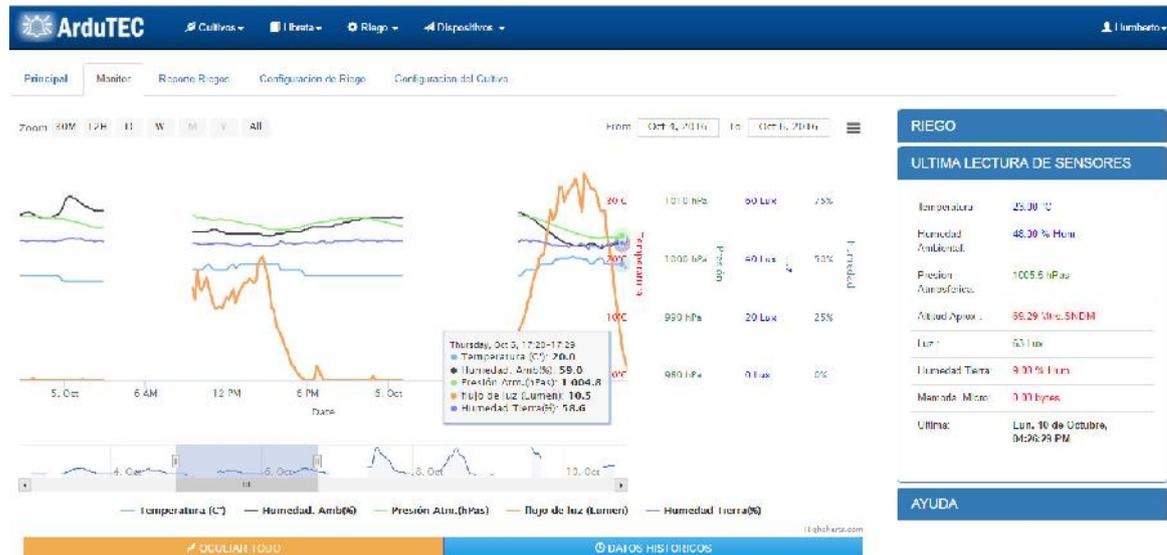


Figura 124. Monitor es donde se visualizan en graficas dinámicas, lo que recolectan los sensores

En la pestaña monitor, se puede observar los datos históricos que fueron tomados por el nodo Datalogger GSM o similar, en forma de graficas



Figura 125. Visualizar los indicadores en las gráficas dinámicas

Como se puede observar en la figura 125, al colocar el puntero del mouse sobre la gráfica se observará en un cuadro dinámico el indicador de sensores tomado sobre el momento que representa.

Estas graficas se pueden visualizar por periodos de tiempo, esto es posible gracias al apartado de deslizamiento en el tiempo ubicado debajo de las gráficas dinámicas, véase **figura 126**.

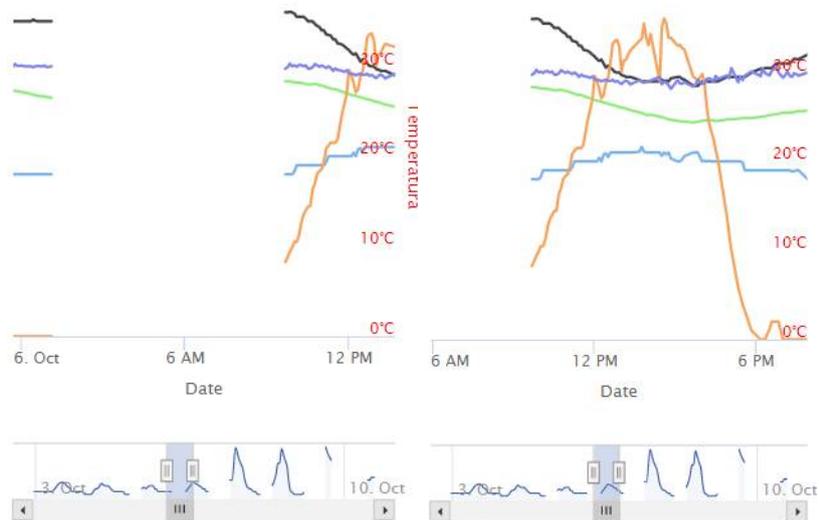


Figura 126. Deslizamiento de las gráficas dinámicas

Como se ve en la figura 127, también existe un apartado de Zoom, por filtro de tiempo y por rango de fechas. Los botones de tiempos hacen posible visualizar los últimos 30 minutos, 12 horas, un día, una semana, un mes y un año, a partir de donde se dejó el deslizador de tiempo y la cantidad de datos que tiene el cultivo.



Figura 127. Zoom y controles de tiempo de las gráficas dinámicas

También puedes filtrar los gráficos por sensor. Por ejemplo, en la siguiente imagen solo dejaremos los datos correspondientes a la línea naranja, que representa al sensor de luz, que es el que más variación tiene y se puede apreciar mejor.



Figura 128. Filtro de los sensores den las gráficas dinámicas

Tenemos otro botón llamado, “DATOS HISTÓRICOS”. Este botón descarga los datos más antiguos, que pertenecen al periodo del cultivo.

Como nos damos cuenta que están llegando los datos, visualizamos que el deslizador cambio de tamaño y se hizo más pequeño por que ahora tiene muchos más datos.

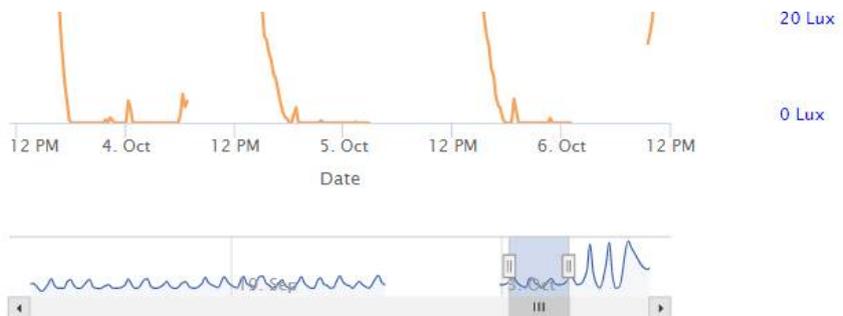


Figura 129. Datos recibidos en la gráfica dinámica

Ahora en el deslizador, abarcaremos más datos tirando de la esquina izquierda del deslizador hacia la izquierda y podremos observar una gráfica comprimida con datos históricos de muchos días del sensor análogo de luz.



Figura 130. Grafica deslizada que despliega más datos temporales en la grafica

Al lado derecho de la pantalla, se puede observar un menú, desde donde se podrá observar la última toma de datos, llamado “ULTIMA LECTURA DE SENSORES”.

RIEGO

ULTIMA LECTURA DE SENSORES

Temperatura	23.00 °C
Humedad Ambiental:	48.00 % Hum
Presion Atmosferica:	1005.5 hPas
Altitud Aprox :	69.29 Mtrs.SNDM
Luz :	63 Lux
Humedad Tierra:	9.00 % Hum
Memoria. Micro:	0.00 bytes
Ultima:	Lun. 10 de Octubre, 04:26:29 PM

AYUDA

Figura 131. Última lectura de los sensores

AYUDA

Sensores no calibrados

- **Humedad Tierra (%):** El porcentaje puede aumentar de día (luz solar), producto de la **evapotranspiracion**, como resultado de la evaporacion de la humedad del suelo hacia el aire y no necesariamente por que el sistema se encuentre regando. De noche, la evapotranspiracion es muy baja o nula.
- **Luz (Lux,Lumenes):** Este valor debe ser calibrado correctamente de acuerdo, a donde este instalado el sensor.

Sensores calibrados (digitales)

- **Presion Atm. (hPas):** Estes sensor puede determinar el tiempo climatico
- **Humedad Ambiente (%):** De este sensor se puede deducir si el ambiente esta, seco, templado, nublado u lloviendo, en corroboracion del sensor de presion atmosferica.

Figura 132. Ayuda del monitor de sensores

En la figura 132, se muestra el apartado de ayuda, que se despliega al hacerle clic. Solo tiene contenido informativo referente a los sensores usados que recolectan los datos del monitor del sistema.

b. Configuración de riego

Figura 133. Módulo de gestión de cultivo / Configuración de riego

La configuración de riego es una pestaña que consta de dos apartados,

- **Apartado actuador**



Figura 134. Apartado actuador

- **Apartado informativo.**

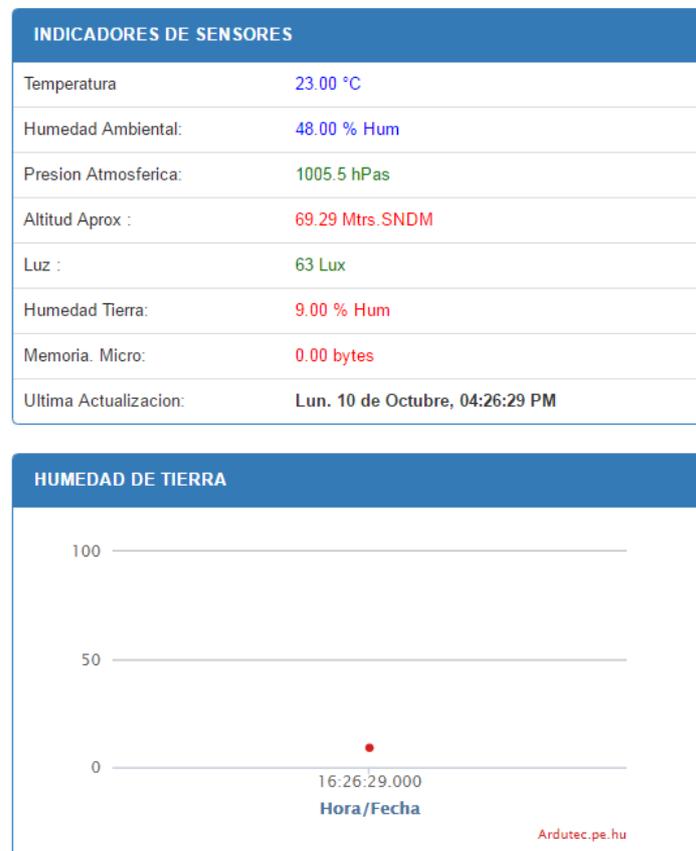


Figura 135. Apartado informativo

El apartado actuador, como se visualiza en la figura 135, consta de dos partes:

La primera, es donde el usuario asigna la configuración de riego previamente guardada en el sistema **véase figura 136**, al cultivo en cuestión. La configuración de riego elegida también se puede usar en uno o varios cultivos.

Configuración del Riego

Nota:
Al seleccionar una configuración de riego, presione el botón Grabar para registrar la configuración para el **Cultivo**

Configuración

-SELECT- ▼

-SELECT-

Riego de rabanito uno

Rabanito en verano

✓ Grabar Limpiar ◀ Volver

Figura 136. Asignar configuración de riego al cultivo

La segunda, es donde el usuario puede modificar la configuración de riego, desde la misma pantalla **véase figura 137**. Es una extensión del caso de uso 'mantenimiento de configuración de riego'.

CONF.ACTUAL: RIEGO DE RABANITO UNO

Puedes modificar los siguientes valores para ir calibrando el riego, en conjunto con el sensor de humedad

⬆️ MAXIMO + ⬆️ MINIMO -

💧 Tierra(%hum)	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="7"/>
☁️ Ambiente(%hum)	<input type="text" value="95"/>	<input type="text" value="30"/>
🔥 Luz(Lux)	<input type="text" value="105"/>	<input type="text" value="80"/>
☀️ TempC	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="11"/>

✓ Grabar

Figura 137. En la configuración actual se puede editar los parámetros de riego de la configuración asignada

El apartado informativo, véase figura 137, como mismo lo explica, solo sirve para poder visualizar información, en este caso, referente a los sensores atmosféricos y edafológicos. También cuenta con una gráfica del sensor de humedad de tierra, útil para configuraciones de último momento y saber las variaciones de este indicador casi en tiempo real.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE COSTO Y BENEFICIO

4.1 ANÁLISIS DE COSTOS

4.1.1 Recursos humanos

El costo de los recursos humanos para este proyecto, está dividido entre los siguientes participantes:

El jefe de proyecto al ser el más experimentado en este tipo de soluciones informáticas para la agricultura, permanecerá durante todo el análisis, diseño, desarrollo, implementación y pruebas del proyecto, 6 meses.

El analista programador especializado en web y microcontroladores también permanecerá durante todo el análisis, diseño, desarrollo, implementación y pruebas del proyecto, 6 meses.

El soporte técnico especializado, durante la fase de desarrollo, implementación y pruebas, será necesario en la manipulación de los microcontroladores, así como de la instalación de estos en la etapa final del proyecto.

Tabla 16. Análisis de costo de los recursos humanos

No	Cantidad	Cargo	Meses	Sueldo	Total
1	1	Jefe de proyecto	6	S/. 5,000	S/. 30,000
2	1	Analista programador	6	S/. 4,000	S/. 24,000
3	1	Soporte técnico	3	S/. 1,500	S/. 4,500
		TOTAL			S/. 58,500

4.1.2 Recursos hardware

Tabla 17. Recursos hardware del proyecto

No	Articulo	Precio (Soles)	
1	Arduino Nano	S/.	24.00
2	Arduino Mega	S/.	250.00
3	Yun Shield	S/.	110.00
4	Arduino GSM Shield	S/.	450.00
5	Arduino Ethernet Shield	S/.	40.00
6	BMP085	S/.	30.00
7	ESP8266	S/.	20.00
8	Fotorresistencia LDR	S/.	0.20
9	DHT11	S/.	5.00
10	2 placas de prototipado	S/.	20.00
11	Pc Intel Core 2 duo de segunda mano	S/.	600.00
12	Router 3G tp-link	S/.	250.00
13	USB modem Huawei E303	S/.	40.00
14	Samsung Core i7	S/.	3,500.00
	TOTAL	S/.	8,299.20

4.1.3 Recursos de software

Elegimos software libre para reducir costos de desarrollo y posible comercialización por lo tanto el costo es S/. 00.00 cero soles.

- MySQL 5.5.24
- Apache Tomcat 2.2.22
- Php 5.3.13

4.2 DESARROLLO DEL FLUJO DE CAJA

Para poder comprender el flujo de caja de una familia que se dedica a la agricultura en el valle del río Chillón, se debe entender que actualmente ellos comercializan sus cosechas directamente a un comerciante, que les paga en base al precio oscilante de determinada verdura, legumbre o tubérculo en el mercado mayorista, viendo muchas veces ganancias, así como pérdidas parciales o totales respecto a la inversión inicial que el agricultor pudo realizar.

En esta agricultura, actualmente no existen documentos de venta de parte del agricultor o del comerciante al momento de vender el producto en el mercado. Para poder entender cómo es que genera ingresos la agricultura se propone el siguiente ejemplo para un cultivo de lechugas:

La comercialización de lechugas en el mercado mayorista siempre es por docena.

Según la experiencia personal que se obtuvo con los agricultores de la parcela agrícola en cuestión, nos explicaron así.

“La docena de lechugas oscila entre S/. 2 a S/. 25 soles la docena, pero normalmente el precio se mantiene entre S/. 6 y S/. 10 soles, en una hectárea sacamos aproximadamente 60.000 unidades de lechuga.”

La inversión depende de la estación del año.

- En épocas de frío como el otoño o invierno, se puede llegar a invertir por hectárea S/. 6000 a S/. 7000 Soles, que comprende la compra de semilla, el regado, el deshierbado cada 2 semanas, el abonado, el uso del tractor, y el uso de remedios para controlar las plagas, el uso de estos remedios puede ser cada 15 días, algunos remedios deben ser aplicados con mochilas a presión manual, o con mochilas con motor bomba, para una aplicación profunda del remedio.
- En la estación de verano esa inversión muchas veces termina duplicándose, producto de la proliferación de plagas que afectan los cultivos en épocas de calor. El agricultor se ve en la obligación de controlar las plagas y comprar más cantidad de los costosos

remedios para las plantas, elevando la inversión base entre S/. 10.000 a S/. 15.000 Soles por Hectárea, el uso de estos remedios puede ser cada 4 a 5 días.

Queda claro que producir en verano es más caro definitivamente, pero los precios de las verduras tienden a elevarse en esta etapa del año y se puede llegar a obtener mejor rentabilidad, así como en épocas de frío, la mayoría de hortalizas tienden a bajar su precio, pero no siempre se cumple, es por eso que ellos dicen: 'Es cuestión de suerte'.

Cada vez que se vuelve a sembrar, representa volver a invertir de 0.

Basándonos en 1 hectárea de terreno y tomando en cuenta que la agricultura es como un negocio informal y no esta afecto a ningún tipo de impuestos, realizamos las siguientes tablas que explican la rentabilidad que se podría obtener en una campaña, siendo las filas de color amarillo, los casos de mayor frecuencia, en las respectivas estaciones del año.

4.2.1 Proyección de rentabilidad en verano

Ejemplo para una hectárea de terreno y 60 días de periodo vegetativo de las lechugas las siguientes variables:

- 60,000 unidades de lechuga.
- 5,000 docenas de lechuga.
- S/. 15,000 Soles de inversión en verano.

Tabla 18. Proyección de rentabilidad en épocas de calor

Verano				
Precio/Docena	Venta	Inversión	Ganancia	
S/. 1.00	S/. 5,000.00	S/. 15,000.00	S/. -10,000.00	
S/. 2.00	S/. 10,000.00	S/. 15,000.00	S/. -5,000.00	
S/. 3.00	S/. 15,000.00	S/. 15,000.00	S/. -	
S/. 4.00	S/. 20,000.00	S/. 15,000.00	S/. 5,000.00	
S/. 5.00	S/. 25,000.00	S/. 15,000.00	S/. 10,000.00	
S/. 6.00	S/. 30,000.00	S/. 15,000.00	S/. 15,000.00	
S/. 7.00	S/. 35,000.00	S/. 15,000.00	S/. 20,000.00	
S/. 8.00	S/. 40,000.00	S/. 15,000.00	S/. 25,000.00	

S/. 9.00	S/. 45,000.00	S/. 15,000.00	S/. 30,000.00
S/. 10.00	S/. 50,000.00	S/. 15,000.00	S/. 35,000.00
S/. 11.00	S/. 55,000.00	S/. 15,000.00	S/. 40,000.00
S/. 12.00	S/. 60,000.00	S/. 15,000.00	S/. 45,000.00
S/. 13.00	S/. 65,000.00	S/. 15,000.00	S/. 50,000.00
S/. 14.00	S/. 70,000.00	S/. 15,000.00	S/. 55,000.00
S/. 15.00	S/. 75,000.00	S/. 15,000.00	S/. 60,000.00
S/. 16.00	S/. 80,000.00	S/. 15,000.00	S/. 65,000.00
S/. 17.00	S/. 85,000.00	S/. 15,000.00	S/. 70,000.00
S/. 18.00	S/. 90,000.00	S/. 15,000.00	S/. 75,000.00
S/. 19.00	S/. 95,000.00	S/. 15,000.00	S/. 80,000.00
S/. 20.00	S/. 100,000.00	S/. 15,000.00	S/. 85,000.00
S/. 21.00	S/. 105,000.00	S/. 15,000.00	S/. 90,000.00
S/. 22.00	S/. 110,000.00	S/. 15,000.00	S/. 95,000.00
S/. 23.00	S/. 115,000.00	S/. 15,000.00	S/. 100,000.00
S/. 24.00	S/. 120,000.00	S/. 15,000.00	S/. 105,000.00
S/. 25.00	S/. 125,000.00	S/. 15,000.00	S/. 110,000.00

4.2.2 Proyección de rentabilidad en invierno

Ejemplo para una hectárea de terreno y 60 días de periodo vegetativo de las lechugas las siguientes variables:

- 60,000 unidades de lechuga.
- 5,000 docenas de lechuga.
- S/. 7,000 Soles de inversión en verano.

Tabla 19. Posible rentabilidad en épocas de frío.

Otoño - Invierno			
Precio/Docena	Venta	Inversión	Ganancia
S/. 1.00	S/. 5,000.00	S/. 7,000.00	S/. -2,000.00
S/. 2.00	S/. 10,000.00	S/. 7,000.00	S/. 3,000.00
S/. 3.00	S/. 15,000.00	S/. 7,000.00	S/. 8,000.00
S/. 4.00	S/. 20,000.00	S/. 7,000.00	S/. 13,000.00
S/. 5.00	S/. 25,000.00	S/. 7,000.00	S/. 18,000.00
S/. 6.00	S/. 30,000.00	S/. 7,000.00	S/. 23,000.00
S/. 7.00	S/. 35,000.00	S/. 7,000.00	S/. 28,000.00
S/. 8.00	S/. 40,000.00	S/. 7,000.00	S/. 33,000.00
S/. 9.00	S/. 45,000.00	S/. 7,000.00	S/. 38,000.00
S/. 10.00	S/. 50,000.00	S/. 7,000.00	S/. 43,000.00
S/. 11.00	S/. 55,000.00	S/. 7,000.00	S/. 48,000.00
S/. 12.00	S/. 60,000.00	S/. 7,000.00	S/. 53,000.00

S/. 13.00	S/. 65,000.00	S/. 7,000.00	S/. 58,000.00
S/. 14.00	S/. 70,000.00	S/. 7,000.00	S/. 63,000.00
S/. 15.00	S/. 75,000.00	S/. 7,000.00	S/. 68,000.00
S/. 16.00	S/. 80,000.00	S/. 7,000.00	S/. 73,000.00
S/. 17.00	S/. 85,000.00	S/. 7,000.00	S/. 78,000.00
S/. 18.00	S/. 90,000.00	S/. 7,000.00	S/. 83,000.00
S/. 19.00	S/. 95,000.00	S/. 7,000.00	S/. 88,000.00
S/. 20.00	S/. 100,000.00	S/. 7,000.00	S/. 93,000.00
S/. 21.00	S/. 105,000.00	S/. 7,000.00	S/. 98,000.00
S/. 22.00	S/. 110,000.00	S/. 7,000.00	S/. 103,000.00
S/. 23.00	S/. 115,000.00	S/. 7,000.00	S/. 108,000.00
S/. 24.00	S/. 120,000.00	S/. 7,000.00	S/. 113,000.00
S/. 25.00	S/. 125,000.00	S/. 7,000.00	S/. 118,000.00

4.2.3 Factores de pérdidas

- Mal llevado del cultivo.
- Mala calidad de las cosechas.
- Un precio muy bajo en el mercado.
- Catástrofes naturales.
- Irregularidades en el pH del terreno.
- No contar con un sistema de fertiriego manual que permita un riego parejo.

4.2.4 Conclusiones del análisis

Se puede apreciar en ambas tablas de las posibles rentabilidades en estaciones cálidas o frías, que hay más probabilidad de generar ingresos que pérdidas y en todo caso más bien, podría obtenerse altísimas rentabilidades en un periodo corto de tiempo como 60 días, además que este análisis es aplicable a casi cualquier hortaliza o tubérculo, lo que vuelve a la agricultura en un negocio muy rentable y podría serlo mucho más implementando este trabajo como valor agregado.

Los análisis VAN y TIR no se pueden aplicar en este modelo de negocio, salvo que se venda el producto por contrato a supermercados como Metro, Wong, Vivanda, Plaza Vea, etc.

Ejemplos:

- Se puede hacer un contrato de suministro de lechugas con un supermercado donde el agricultor se compromete a suministrar semanalmente 5000 unidades de lechuga al supermercado, con un precio fijo por docena de 10 soles.

Se puede hacer un compromiso de venta de papas para la fábrica Fritolay, con ciertas restricciones, como que el producto final debe ser una papa redonda y de tamaño mediano, comúnmente llamado, papas de primera. Las papas de segunda, son deformes o muy grandes, o pequeñas, no tienen precio y no se les puede vender a la fábrica, el precio por kilo de la papa de primera es de 1 nuevo sol.

Conclusiones

- Se implementó un sistema de riego tecnificado logrando un ahorro entre el 40% y 50%, de agua respecto al riego tradicional, **véase Anexo G**, considerando que existió etapas de precipitaciones, donde el sistema no regaba por detectar humedad en la tierra por encima del tope mínimo configurado.
- Se desarrolló un software capaz de comunicarse con unos dispositivos encargados del monitoreo y control.
- Se implementó un sistema de riego por goteo automatizado por un sistema de monitoreo y control de riego en tiempo real.
- Se condicionó el riego de una parcela agrícola, a través de las configuraciones de riego en el sistema y según las condiciones hídricas del suelo, así como las condiciones meteorológicas del tiempo atmosférico.
- Se condicionó el riego de una parcela agrícola, a través de las configuraciones de riego en el sistema y según las condiciones hídricas del suelo, así como las condiciones meteorológicas del tiempo atmosférico.

Recomendaciones

Este trabajo podría mejorar aún más, ahondando en la posibilidad de implementar un sistema de control de nutrientes que utilizaría los mismos sistemas mecánicos de riego tecnificado, ya sea riego por goteo, aspersión, micro aspersión o NFT, debido que también existe la necesidad de suministrar los nutrientes a las plantas.

De esta manera, se podría implementar un sistema más completo. No solo se condicionaría la humedad en la tierra, sino el nivel de nutrientes en un tanque colector que pueda suministrar una mezcla adecuada de nutrientes, aun así, este trabajo tuvo resultados y esperamos que este desarrollo se extienda en otro futuro trabajo de investigación.

Referencias

- Adafruit.com. (s.f.). *Adafruit.com*. Obtenido de <https://www.adafruit.com/product/386>
- Andrew, F. (2012, Junio 28). *gardenbot.org*, 1.0. Retrieved from <http://gardenbot.org/howTo/soilMoisture/>
- Anónimo, V. (s.f.). <http://articulo.mercadolibre.com.ar>. Obtenido de http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-606859382-sensor-barometrico-bmp085-presion-diy-avr-arduino-pic-atmel-_JM
- archivo.infojardin.com. (22 de Junio de 2006). *archivo.infojardin.com*. Obtenido de <http://archivo.infojardin.com/tema/riego-por-goteo-dosis-y-tiempo-de-riego.1322/>
- arduino.cc. (s.f.). *arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- arduino.cc. (s.f.). *arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>
- arduino.cc. (s.f.). *arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoGSMShield>
- arduino.cc. (s.f.). *arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>
- arduino.cc. (s.f.). *arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardYun>
- arduino.cc. (s.f.). *arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMegaADK>
- arduino.cc. (s.f.). *arduino.cc*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Chavez, O. (s.f.). *sensoresomarchavez*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/sensoresomarchavez/home/transductor-de-nivel>

- core-electronics.com.au. (s.f.). *core-electronics.com.au*. Obtenido de <http://core-electronics.com.au/bh1750fvi-digital-light-intensity-sensor-module-gy-302.html>
- dictionnaire.sensagent.leparisien.fr. (s.f.). *dictionnaire.sensagent.leparisien.fr*. Obtenido de <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/Cliente/servidor/es-es/>
- es.wikipedia.org. (s.f.). *es.wikipedia.org*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Hardware_inform%C3%A1tico_de_c%C3%B3digo_abierto
- Giltesa, E. B. (21 de Setiembre de 2013). *giltesa.com*. Obtenido de <https://giltesa.com/2013/09/21/sensor-de-luz-bh1750fvi>
- <http://www.dx.com>. (s.f.). *dx.com*. Obtenido de <http://www.dx.com/es/p/bmp085-altimeter-atmospheric-pressure-module-for-arduino-158610#.V-maivnhDA8>
- Narvaez, G. C. (2008). *Automatización de un sistema de riego dedicado a la producción florícola basado en las tecnologías de agricultura de precisión y en telemetría utilizando la plataforma de comunicaciones de telefonía móvil GPRS*. Quito, Ecuador: EPN.
- Netafim. (s.f.). *www.sugarcane crops.com*. Obtenido de http://www.sugarcane crops.com/s/drip_irrigation/#1
- Numata, K., & Keishiro, I. (2010). La industrialización del tomate mediante la fusión de la agricultura con poco insumo y la industria con valor agregado. *2010*, 16. Obtenido de http://www.uap.edu.pe/Investigaciones/Esp/Revista_15-02_Esp_07.pdf
- Quevenco, R. (Marzo de 2015). Pequeñas gotas, gran cosecha: Riego por goteo para aumentar el rendimiento de los cultivos y conservar el agua. *Boletín de OIEA*. Obtenido de https://www.iaea.org/sites/default/files/56105912425_es.pdf
- Rentería, H. (07 de Julio de 2012). Cultivos a control remoto. *UN Periódico*.

Romero Del Rosario, E. (19 de Febrero de 2015). *infmk2013aederromdelros187.blogspot.pe*. Obtenido de http://infmk2013aederromdelros187.blogspot.pe/2015_02_01_archive.html

Sanchez, J. (Febrero de 2011). *hardwarelibreiatep.blogspot.pe*. Obtenido de <http://hardwarelibreiatep.blogspot.pe/>

shop.rabtron.com.za. (s.f.). *shop.rabtron.com.za*. Obtenido de <http://shop.rabtron.co.za/catalog/thermistor-p-3163.html>

Valdes Martínez, R. (2007). *Propuesta de innovacion para la produccion del tomate rojo para el municipio de Zinapécuaro, Michoacán*. Distrito Federal, México: IPN.

Wikipedia.org. (s.f.). *Wikipedia.org*. Obtenido de <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Fotorresistor>

Glosario

- **3G:** es una familia de estándares para comunicación inalámbrica como está definida por la "*International Telecommunication Union*" (Unión Internacional de Telecomunicación), la cual incluye GSM EDGE, UMTS, y CDMA2000, al igual que DECT y WiMAX, la cual se utiliza para proveer conectividad de red inalámbrica usando las frecuencias de teléfonos celulares.

3G permite el uso simultáneo de voz y datos a alta velocidad (hasta 14.4 Mbit / s en descarga y hasta 5.8 Mbit / s en carga) e incluye servicios tales como telefonía de voz, tecnología inalámbrica de amplia base, video-llamadas y conectividad de datos.

- **Abono:** el abono foliar es aquel cuyo producto se aplica directamente sobre las hojas y tallos y generalmente puede aplicarse a cualquier tipo de planta. Es muy bueno porque ayuda a intensificar el verdor de las hojas y revigorizar notablemente las que están en floración.
- **ADK:** el ADK de *Google* es que es una plataforma de *hardware* abierta para la creación de nuevos dispositivos. Esta plataforma incluye: un circuito derivado del Arduino Mega 2560 y un paquete de software que permite conectar la placa vía cable a una aplicación para Android, el sistema operativo móvil. De cara a ayudar a los desarrolladores, *Google* ha creado esta librería dentro del *Android SDK (Software Development Kit)*, el sistema de desarrollo de aplicaciones móviles Android.
- **Amperio:** el amperio es la intensidad de una corriente constante que, manteniéndose en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y situados a una distancia de un metro uno de otro en el vacío, produciría una fuerza igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud.
- **Apache Tomcat:** es un software desarrollado con Java (con lo cual puede funcionar en cualquier sistema operativo, con su máquina virtual java correspondiente) que sirve como servidor web con soporte de servlets y JSPs.

Apache Tomcat es desarrollado en un entorno abierto y participatorio, bajo la licencia de *Apache Software License*.

- **Servidor apátrida:** es un servidor que no guarda ninguna información entre las peticiones.
- **APN:** un APN (*Access Point Name*) es el nombre de un punto de acceso que hay que configurar para que nuestro dispositivo se pueda conectar a Internet usando las redes de nuestra operadora y también para poder recibir y enviar mensajes multimedia.
- **Arduino:** es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (*open-source*) basada en *hardware* y *software* flexibles y fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como *hobby* y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos.
- **AREF:** la conversión de analógico a digital. Arduino dispone de 6 convertidores analógico a digital (ADC) que son los pines A0 a A5, capaces de convertir valores de tensión hasta un máximo de 5V, que es la tensión de referencia en Arduino.
- **Arquitectura de red:** es el medio más efectivo en cuanto a costos para desarrollar e implementar un conjunto coordinado de productos que se puedan interconectar. La arquitectura es el “plan” con el que se conectan los protocolos y otros programas de software.
- **Atmel:** es una compañía de semiconductores, fundada en 1984. Su línea de productos incluye microcontroladores (incluyendo derivados del 8051, el AT91SAM basados en ARM, y sus arquitecturas propias AVR y AVR32), dispositivos de radiofrecuencia, memorias EEPROM y *Flash*, ASICs, WiMAX, y muchas otras.
- **Aup:** en inglés (*agile unified process*), es una metodología de desarrollo de software ágil.
- **Automatización:** aplicación de máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.
- **Cliente / Servidor:** la arquitectura cliente-servidor es un modelo de aplicación distribuida en el que las tareas se reparten entre los proveedores de recursos o servicios, llamados servidores, y los demandantes, llamados clientes. Un cliente realiza peticiones a otro programa, el servidor, quien le da respuesta.

- **CE:** la conductividad eléctrica (CE) se define como un estimador de la concentración de sales disueltas en el agua, permitiendo evaluar la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica. Esto es fundamental ya que las raíces utilizan estas cargas para tomar los elementos, cuyo valor se expresa en mS/cm (milisimens sobre centímetro) conociendo de forma aproximada la cantidad de sales disueltas en g/l (gramo por litro) (fundamentalmente cloruro, nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio elemento esenciales en solución nutritiva) lo cual es importante en la hidroponía para el diseño de la solución nutritiva que sea soluble para facilitar la asimilación de los fertilizantes
- **CHIP:** circuito electrónico de material semiconductor, especialmente silicio, en forma de cubo minúsculo, que, combinado con otros componentes, forma un sistema integrado más complejo y realiza una función electrónica específica.
- **Circuiterías:** sistema de circuitos electrónicos.
- **Cliente:** es una aplicación informática o un ordenador que consume un servicio remoto en otro ordenador conocido como servidor, normalmente a través de una red de telecomunicaciones. También se puede definir un cliente es cualquier cosa (que no sea un servidor) que se conecta a un servidor.
- **Código abierto:** es el software distribuido y desarrollado libremente. Se focaliza más en los beneficios prácticos (acceso al código fuente) que en cuestiones éticas o de libertad que tanto se destacan en el software libre.
- **Código fuente:** en un programa informático (o software) es un conjunto de líneas de texto con los pasos que debe seguir la computadora para ejecutar dicho programa. Por lo tanto, el funcionamiento de un programa está totalmente escrito en código fuente.
- **Comunicación Serial:** es un protocolo muy común (no hay que confundirlo con el bus serial de comunicación, o USB) para comunicación entre dispositivos que se incluye de manera estándar en prácticamente cualquier computadora. La mayoría de las computadoras incluyen dos puertos seriales RS-232.

- **Condensador:** componente eléctrico para aumentar la capacidad eléctrica y la carga sin aumentar el potencial, que consiste en dos conductores (armaduras) separados por un dieléctrico o medio aislante.
- **Controlador:** que sirve para controlar algo o a alguien.
- **Cronograma de actividades:** es un concepto que se utiliza en varios países latinoamericanos para mencionar a un calendario de trabajo o de actividades.
- **cURL:** es una librería de funciones para conectar con servidores para trabajar con ellos. El trabajo se realiza con formato URL. Es decir, sirve para realizar acciones sobre archivos que hay en URLs de internet, soportando los protocolos más comunes, como http, ftp, https, etc.
- **Datalogger:** es un dispositivo electrónico que registra datos en el tiempo o en relación a la ubicación por medio de instrumentos y sensores propios o conectados externamente. Casi todos están basados en microcontroladores.
- **Desarrollo:** acción de desarrollar o desarrollarse.
- **Desarrollo evolutivo:** permite que los requerimientos no estén totalmente especificados para comenzar con el desarrollo del software, esto hace que el software desarrollado pueda estar mal estructurado y sea difícil de mantener, pero permite adaptarse a los cambios en los requisitos.
- **diezmar:** causar gran cantidad de muertos, heridos o enfermos en un conjunto de personas o animales, especialmente en una población.
- **drivers:** es un programa cuya finalidad es relacionar el sistema operativo con los dispositivos hardware (tarjeta gráfica, tarjeta de sonido, módem, tarjeta de Tv, wifi, lector mp3, etc.) y periféricos (impresora, escáner, cámara fotográfica, cámara de vídeo, etc) de nuestro equipo.
- **Edafología:** la edafología (del griego, ἔδαφος, edafos, 'suelos', -λογία, psx logía , "estudio", "tratado") es una rama de la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea.
- **EEPROM:** son las siglas de *Erasable Programmable Read-Only Memory* (ROM programable borrable). Es un tipo de chip de memoria ROM no volátil inventado por el ingeniero Dov Frohman de Intel.

- **Electrónica libre:** sinónimo de *hardware* libre.
- **Estándar:** que es lo más habitual o corriente, o que reúne las características comunes a la mayoría.
- **Ethernet:** (pronunciado /'i:θərnɛt/ en inglés) es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones (CSMA/CD). Su nombre viene del concepto físico de ether.
- **Foliar:** abono que se aplica pulverizado, directamente sobre las hojas.
- **GPRS:** *General Packet Radio Service* (GPRS), fue creado en la década de los años 1980. Es una extensión del "Sistema Global para comunicaciones Móviles" (*Global System for Mobile Communications* o GSM) para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes.
- **GSM:** sistema de radiotelefonía celular digital europeo comercializado a partir de 1992.
- **Hardware:** conjunto de elementos físicos o materiales que constituyen una computadora o un sistema informático.
- **Hardware libre:** aquellos dispositivos de hardware cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago, o de forma gratuita. La filosofía del software libre es aplicable a la del hardware libre, y por eso forma parte de la cultura libre. Un ejemplo de hardware libre es la arquitectura UltraSparc cuyas especificaciones estén disponibles bajo una licencia libre. La replicación de hardware médico con código gratuito y abierto proporciona ahorros superiores al 90% del coste, lo que hace que el material médico y científico resulte mucho más accesible.
- **HMI:** significa "*Human Machine Interface*", es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina.
- **Hongos:** reino al que pertenecen los organismos sin clorofila, provistos de talo, generalmente filamentosos y ramificados, mediante el cual absorben los principios orgánicos nutritivos del medio, de tamaño muy variado y reproducción preferentemente asexual (por esporas); viven parásitos o sobre materias orgánicas en descomposición o parásitas de vegetales o animales.
- **Hortaliza:** planta comestible que se cultiva en un huerto.

- **hPa:** es una unidad de presión que equivale a 1 000 pascales. El hectopascal (hPa) es una unidad de presión que equivale a 100 pascales. Es usado por su equivalencia con el milibar. El megapascal (MPa), esto es 10⁶, equivale al N/mm².
- **HTML:** son las siglas designadas para '*Hyper Text Markup Language*', que traducido al español significa "Lenguaje de Marcas de Hipertexto".
- **Humedad:** cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire.
- **Humidimetro:** un higrómetro (del griego ὑγροσῖα: humedad, y μέτρον: medida) o hidrógrafo es un instrumento que se utiliza para medir el grado de humedad del aire o de otros gases. En meteorología es un instrumento usado para medir el contenido de humedad en la atmósfera.
- **IBM:** *International Business Machines Corp.* (IBM) (NYSE: IBM) es una reconocida empresa multinacional estadounidense de tecnología y consultoría con sede en Armonk, Nueva York.
- **IDE:** un IDE es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, o sea, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica. Los IDEs pueden ser aplicaciones por sí solas o pueden ser parte de aplicaciones existentes.
- **Incremental:** se refiere a algo que aumenta de N en N ciclos.
- **Interfaz gráfica:** la interfaz gráfica de usuario, conocida también como GUI (del inglés *graphical user interface*), es un programa informático que actúa de interfaz de usuario, utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz.
- **Interfaz de usuario:** relativo a interfaz gráfica.
- **Internet:** red informática de nivel mundial que utiliza la línea telefónica para transmitir la información.
- **IoT:** *internet of things*.
- **IOREF:** la conversión de analógico a digital. En una sesión previa ya dijimos que Arduino dispone de 6 convertidores analógico a digital (ADC) que son los pines A0 a A5, y dijimos que son capaces de convertir valores de tensión hasta un máximo de 5V, que es la tensión de referencia en Arduino.

- **Iteración:** repetición, reiteración.
- **Java:** es un lenguaje de programación y una plataforma informática comercializada por primera vez en 1995 por *Sun Microsystems*. Hay muchas aplicaciones y sitios web que no funcionarán a menos que tenga Java instalado y cada día se crean más.
- **Linux:** (o GNU/LINUX, más correctamente) es un Sistema Operativo como MacOS, DOS o *Windows*. Es decir, Linux es el *software* necesario para que tu ordenador te permita utilizar programas como: editores de texto, juegos, navegadores de Internet, etc.
- **lux:** unidad de intensidad de iluminación del sistema internacional, de símbolo lx, que equivale a la iluminación de una superficie que recibe normal y uniformemente un flujo luminoso de 1 lumen por metro cuadrado.
- **mA:** miliamperios es la milésima parte del Ah, o lo que es lo mismo 3,6 C.
- **Manantial:** corriente de agua que mana del suelo o de entre las rocas de forma natural.
- **Metodología:** conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica, un estudio o una exposición doctrinal.
- **Microcontrolador:** es un circuito integrado que en su interior contiene una unidad central de procesamiento (CPU), unidades de memoria (RAM y ROM), puertos de entrada y salida y periféricos. Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador, y en conjunto forman lo que se le conoce como microcomputadora.
- **microSD:** las tarjetas microSD, *transflash* o T-flash corresponden al formato de tarjeta de memoria flash más pequeña que la miniSD. Fue desarrollada por *SanDisk*, y en julio de 2005 fue adoptada por la asociación de tarjetas SD con el nombre «microSD».
- **Módem:** dispositivo que convierte señales digitales en analógicas, o viceversa, para poder ser transmitidas a través de líneas de teléfono, cables coaxiales, fibras ópticas y microondas; conectado a una computadora, permite la comunicación con otra computadora por vía telefónica.
- **Módem USB:** es un sistema que permite conectar tu portátil o PC a Internet desde cualquier sitio, sin instalaciones y, en algunos casos, sin alta de línea

ni consumo mínimo. La idea es tentadora. Sin embargo, este tipo de conexión tiene sus pros y sus contras.

- **Monitorear:** controlar el desarrollo de una acción o un suceso a través de uno o varios monitores.
- **Ohm:** unidad de resistencia eléctrica del sistema internacional, de símbolo Ω , que equivale a la resistencia eléctrica que hay entre dos puntos de un conductor cuando, al aplicar entre ellos una diferencia de potencial de 1 voltio, se produce una intensidad de corriente de 1 ampere.
- **OS X:** es el sucesor del Mac OS 9 (la versión final del Mac OS *Classic*), el sistema operativo de *Apple* desde 1984. Está basado en BSD, y se construyó sobre las tecnologías desarrolladas en *NeXT* entre la segunda mitad de los 80's y finales de 1996, cuando *Apple* adquirió esta compañía.
- **P2P:** son las siglas en inglés de *Peer-to-Peer*, que se puede traducir como “comunicación entre iguales”. Usualmente, en una red, las computadoras enlazadas están conectadas a un servidor central y se les llama clientes, de ahí que sea común la referencia a cliente-servidor.
- **Parcela:** parte en que se divide un terreno agrícola o urbanizado en el campo.
- **pH:** coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa.
- **Plantinera:** establecimiento donde se produce almácigos y plantines.
- **Plagas:** es una población de organismos que, al crecer en forma descontrolada, causa daños económicos o transmite enfermedades a las plantas, a los animales o a la misma humanidad. Son ejemplos de plagas, el gusano barrenador, el picudo del algodónero, la roya del café, los roedores, etc.
- **PLC:** un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (*Programmable Logic Controller*), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.
- **PoE:** energía sobre *ethernet* (PoE) es una tecnología para cable *ethernet* LAN (redes de área local) que permite que la corriente eléctrica necesaria

para el funcionamiento de cada dispositivo sea transportada por los cables de datos en lugar de por los cables de alimentación.

- **Processing:** es un lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto basado en Java, de fácil utilización, y que sirve como medio para la enseñanza y producción de proyectos multimedia e interactivos de diseño digital.
- **Prototipo:** primer ejemplar que se fabrica de una figura, un invento u otra cosa, y que sirve de modelo para fabricar otras iguales, o molde original con el que se fabrica.
- **Python:** es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en una sintaxis que favorezca un código legible. Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional.
- **Recursos hídricos:** son los cuerpos de agua que existen en el planeta, desde los océanos hasta los ríos pasando por los lagos, los arroyos y las lagunas. Estos recursos deben preservarse y utilizarse de forma racional ya que son indispensables para la existencia de la vida.
- **Red:** una red de computadoras (también llamada red de ordenadores o red informática) es un conjunto equipos (computadoras y dispositivos), conectados por medio de cables, señales, ondas o cualquier otro método de transporte de datos, para compartir información (archivos), recursos (discos, impresoras, programas, etc.) y servicios (acceso a una base de datos, internet, correo electrónico, chat, juegos, etc.).
- **Red privada:** las redes privadas son bastante comunes en esquemas de redes de área local (LAN) de oficina, debido a que muchas compañías no tienen la necesidad de usar direcciones IP públicas en sus dispositivos (PC, impresora, etcétera). Otra razón para el uso de direcciones IP privadas es la escasez de direcciones IP públicas.
- **Red móvil:** consta de una red de estaciones base que cubren un área delimitada (celda) y encaminan las comunicaciones en forma de ondas de radio desde y hasta los terminales de los usuarios.

- **Rentabilidad:** relación existente entre los beneficios que proporciona una determinada operación o cosa y la inversión o el esfuerzo que se ha hecho; cuando se trata del rendimiento financiero; se suele expresar en porcentajes.
- **RESET:** es un término inglés que no forma parte del diccionario de la Real Academia Española (RAE). En nuestra lengua, el concepto puede reemplazarse por reiniciar (empezar nuevamente).
- **Resistencia eléctrica:** oposición que presenta un conductor al paso de la corriente eléctrica.
- **Rest:** es cualquier interfaz entre sistemas que use HTTP para obtener datos o generar operaciones sobre esos datos en todos los formatos posibles, como XML y JSON. Es una alternativa en auge a otros protocolos estándar de intercambio de datos como SOAP (*Simple Object Access Protocol*), que disponen de una gran capacidad, pero también mucha complejidad. A veces es preferible una solución más sencilla de manipulación de datos como REST.
- **Riego tecnificado:** el riego tecnificado se refiere al uso y aprovechamiento efectivo del agua apoyándose de elementos tecnológicos.
- **RJ-45:** es una interfaz física comúnmente utilizada para conectar redes de computadoras con cableado estructurado (categorías 4, 5, 5e, 6 y 6a). Posee ocho pines o conexiones eléctricas, que normalmente se usan como extremos de cables de par trenzado (UTP).
- **Router GPRS:** es un dispositivo de red que permite conexión GPRS y se encarga de llevar por la ruta adecuada el tráfico. Los router funcionan utilizando direcciones IP para saber a donde tienen que ir los paquetes de datos.
- **RTU:** unidades remotas de entrada/salida
- **RUP:** es un producto de Rational (IBM). Se caracteriza por ser iterativo e incremental, estar centrado en la arquitectura y guiado por los casos de uso. Incluye artefactos (que son los productos tangibles del proceso como, por ejemplo, el modelo de casos de uso, el código fuente, etc.) y roles (papel que desempeña una persona en un determinado momento, una persona puede desempeñar distintos roles a lo largo del proceso).

- **RX:** recepción, bajar, descargar (En inglés '*download*')
- **Salitre:** sustancia salina, en especial la que se forma o deposita en suelos y paredes.
- **SCL:** es un reloj que emite un pulso y manda un dato
- **Script:** en informática, un *script*, archivo de órdenes, archivo de procesamiento por lotes o, cada vez más aceptado en círculos profesionales y académicos, guion es un programa usualmente simple, que por lo regular se almacena en un archivo de texto plano.
- **SDA:** envía datos por cada ciclo que envía el SCL
- **Semiconductores:** que tiene una resistencia apreciablemente más alta que la de los buenos conductores e inferior a la de los aisladores, la cual decrece al aumentar la temperatura.
- **Servidor:** en un modelo de aplicación distribuida los servidores son los que se reparten las tareas entre los proveedores de recursos o servicios.
- **Shields:** los *shields* son placas de circuitos modulares que se montan unas encima de otras para dar funcionalidad extra a un Arduino. Estos *shields* son apilables. Una *shield* en Arduino es una placa que se apila sobre el arduino o sobre otro shield, de forma que nos permite ampliar el *hardware*/capacidades de Arduino
- **SIM (chip):** una tarjeta SIM (acrónimo en inglés de *subscriber identity module*, en español módulo de identificación de abonado) es una tarjeta inteligente desmontable usada en teléfonos móviles y módems HSPA o LTE que se conectan al puerto USB.
- **SMS:** mensaje corto de texto que se puede enviar entre teléfonos celulares o móviles.
- **Software libre:** se refiere a la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el *software*. De modo más preciso, se refiere a cuatro libertades de los usuarios del *software*: La libertad de usar el programa, con cualquier propósito (libertad 0).
- **Stateful:** puede recordar la información entre las peticiones.
- **TCP:** (que significa Protocolo de Control de Transmisión) es uno de los principales protocolos de la capa de transporte del modelo TCP/IP. En el

nivel de aplicación, posibilita la administración de datos que vienen del nivel más bajo del modelo, o van hacia él, (es decir, el protocolo IP).

- **Telecomunicaciones:** las telecomunicaciones son la trasmisión a distancia de datos de información por medios electrónicos y/o tecnológicos. Los datos de información son transportados a los circuitos de telecomunicaciones mediante señales eléctricas.
- **Telecontrol:** control de un aparato o una máquina que se realiza a distancia mediante radio, ondas sonoras o haces luminosos.
- **Tensiómetro:** en la agroindustria, un tensiómetro es un dispositivo que trata de actuar como una verdadera raíz y nos facilita la labor de decidir cuándo regar. Con este aparato se puede dar seguimiento del estado hídrico del suelo.
- **Terminal tonto:** terminal boba o terminal gregaria es un tipo de terminal que consiste en un teclado y una pantalla de salida, que puede ser usada para dar entrada y transmitir datos, o desplegar datos desde una computadora remota a la cual se está conectado.
- **Tiempo atmosférico:** es el conjunto de cambios que ocurren diariamente en un lugar determinado; el clima, en cambio, es el tiempo habitual que existe en alguna zona pero que puede durar muchos años; es la generalización del estado del tiempo.
- **TX:** transmisión, subir (en inglés *'upload'*)
- **UDP:** son las siglas de Protocolo de Datagrama de Usuario (en inglés *User Datagram Protocol*) un protocolo sin conexión que, como TCP, funciona en redes IP. UDP/IP proporciona muy pocos servicios de recuperación de errores, ofreciendo en su lugar una manera directa de enviar y recibir datagramas a través una red IP.
- **UML:** son las siglas de *'Unified Modeling Language'* o 'Lenguaje Unificado de Modelado'. Se trata de un estándar que se ha adoptado a nivel internacional por numerosos organismos y empresas para crear esquemas, diagramas y documentación relativa a los desarrollos de software (programas informáticos).
- **USB:** sigla del inglés universal serial bus, periférico que permite conectar diferentes periféricos a una computadora.

- **Variador de velocidad:** (VSD, por sus siglas en inglés *Variable Speed Drive*) es en un sentido amplio un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores.
- **Viveros:** terreno o recinto en el que se cultivan árboles pequeños, plantas y otras especies vegetales para que crezcan.
- **Web:** conjunto de información que se encuentra en una dirección determinada de internet.
- **Wifi:** es una tecnología de comunicación inalámbrica que permite conectar a internet equipos electrónicos, como computadoras, tablets, smartphones o celulares, etc., mediante el uso de radiofrecuencias o infrarrojos para la transmisión de la información.
- **Wiring:** más que un lenguaje es una plataforma. Se inició en 2004 por Hernando Barragán, alumno de Ben Fry y Casey Reas (los creadores de Processing) y la idea era crear una plataforma cuya capacidad de acción fuera más allá de los límites de la pantalla para llegar al mundo físico.
- **μA: (microamperio)** el amperio o ampere, es la unidad de intensidad de corriente eléctrica. Forma parte de las unidades básicas en el sistema internacional de unidades y fue nombrado en honor al matemático y físico francés André-Marie Ampère.

ANEXOS

1. ANEXO A: FOTOGRAFÍAS DEL PERIODO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE ESPINACAS

Se realizó entre el 29 de agosto del 2015 al 05 de octubre del 2015.

1.1. FECHA: 29 DE AGOSTO DE 2015



Figura 138. Fotografía del 29 de agosto de 2015

1.2. FECHA: 14 DE SETIEMBRE DE 2015



Figura 139. Fotografía N°.1 del 14 de setiembre de 2015



Figura 140. Figura N°.2 del 14 de setiembre de 2015



Figura 141. Figura N°.3 del 14 de setiembre de 2015



Figura 142. Figura N°.4 del 14 de setiembre de 2015



Figura 143. Figura N°.5 del 14 de setiembre de 2015

1.3. FECHA: 19 DE SETIEMBRE DE 2015



Figura 144. Fotografía N°.1 del 19 de setiembre de 2015



Figura 145. Fotografía N°.2 del 19 de setiembre de 2015



Figura 146. Fotografía N°.3 del 19 de setiembre de 2015

1.4. FECHA: 22- SETIEMBRE DE 2015



Figura 147. Fotografía N°.1 del 22 de setiembre de 2015



Figura 148. Fotografía N°.2 del 22 de setiembre de 2015



Figura 149. Fotografía N°.3 del 22 de setiembre de 2015



Figura 150. Fotografía N°.4 del 22 de setiembre de 2015



Figura 151. Fotografía N°.5 del 22 de setiembre de 2015

1.5. FECHA: 28 DE SETIEMBRE DE 2015

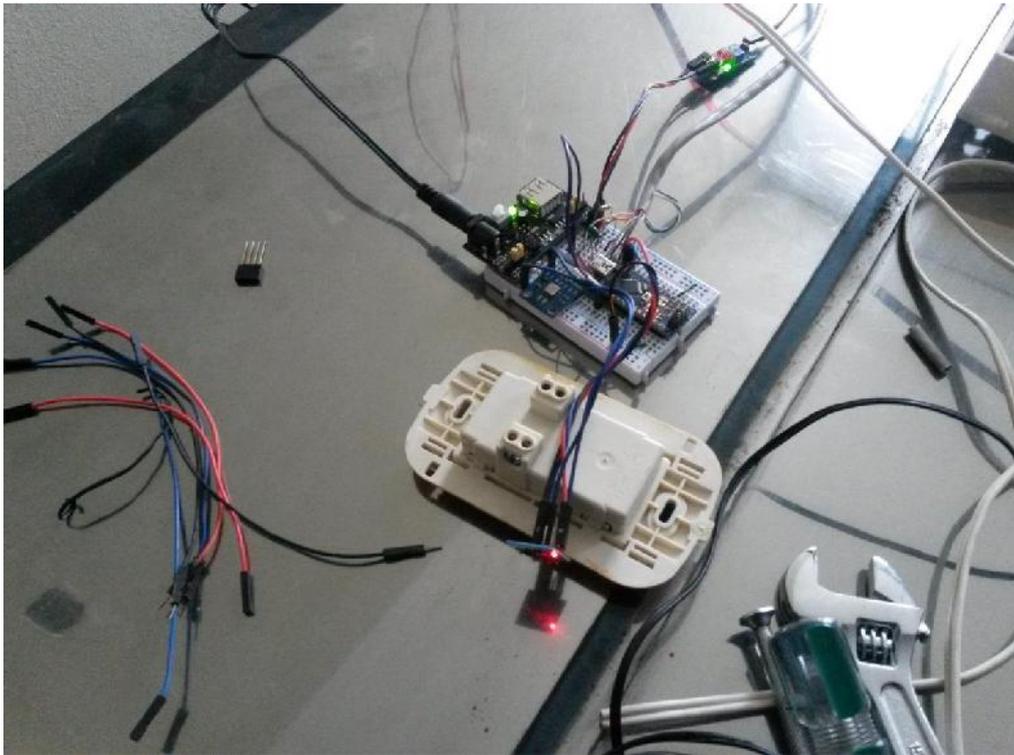


Figura 152. Fotografía del dispositivo DataloggerGSM, echa el 28 de setiembre de 2015



Figura 153. Fotografía de una espinaca y el sensor de humedad casero, echa el 28 de setiembre de 2015



Figura 154. Fotografía de una espinaca y el sensor de humedad de casero a nivel de la tierra, echa el 28 de setiembre de 2015



Figura 155. Fotografía de las espinacas, echa el 28 de setiembre de 2015



Figura 156. Fotografía a lo largo de los cultivos de espinacas, echa el 28 de setiembre de 2015

1.6. FECHA: 05 DE OCTUBRE DEL 2015



Figura 157. Fotografía N°.1 de espinacas cosechada el 05 de octubre de 2015



Figura 158. Fotografía N°.2 de espinacas cosechada el 05 de octubre de 2015



Figura 159. Fotografía N°.3 de espinacas cosechada el 05 de octubre de 2015



Figura 160. Fotografía N°.4 de espinacas cosechada el 05 de octubre de 2015

2. ANEXO B: RIEGOS HECHOS AUTOMÁTICAMENTE EN EL CULTIVO DE ESPINACAS DESDE EL MONITOR DE SENSORES



Figura 161. Gráfica dinámica donde solo muestra las lecturas del sensor de humedad de tierra y observaciones

En la figura 161, se puede observar que, entre las fechas 14 y 15, que existe una lectura extraña. Esto es debido al cambio de ubicación del sensor de humedad de tierra. A partir del día 15, en la noche, se realizó el primer riego con el sistema.

3. ANEXO C: HISTORIAL DE RIEGOS EN EL SISTEMA

Historial de Riegos

Nota:
Aca se registraran los riegos que el sistema realiza automaticamente en la parcela agricola.

Num. Riegos: 5

#	INICIO	FIN	Status	Duración
1	2015-10-05 05:59:59	2015-10-05 06:24:03	FIN	0h:24m:4s
2	2015-10-01 05:59:18	2015-10-01 06:28:23	FIN	0h:29m:5s
3	2015-09-25 15:42:29	2015-09-25 16:23:11	FIN	0h:40m:42s
4	2015-09-19 11:30:50	2015-09-19 11:55:01	FIN	0h:24m:11s
5	2015-09-15 19:05:05	2015-09-15 19:30:41	FIN	0h:25m:36s

Estado de Riego

- APAGADO
- 0 horas:24 minutos:4 segundos

Figura 162. Historial de riegos en el sistema

Hay que considerar que hubo muchos días de lluvia y climas húmedos, que permitía, que la tierra se mantenga húmeda por más tiempo, por lo tanto, el sistema no hizo muchos riegos ya que no fueron necesarios.

Nota:
Aca se registraran los riegos que el sistema realiza automaticamente en la parcela agricola.

Num. Riegos: 5

#	INICIO	FIN	Status	Duración
1	2015-10-05 05:59:59	2015-10-05 06:24:03	FIN	0h:24m:4s
2	2015-10-01 05:59:18	2015-10-01 06:28:23	FIN	0h:29m:5s
3	2015-09-25 15:42:29	2015-09-25 16:23:11	FIN	0h:40m:42s
4	2015-09-19 11:30:50	2015-09-19 11:55:01	FIN	0h:24m:11s
5	2015-09-15 19:05:05	2015-09-15 19:30:41	FIN	0h:25m:36s

Figura 163. Durante el periodo vegetativo hubo 5 riegos en el cultivo de espinacas

4. ANEXO D: DANDO DE BAJA AL CULTIVO EN EL SISTEMA

Estando en cualquier pestaña del módulo administrador de cultivo, acceder a configuración del cultivo.

The screenshot shows the 'Configuración del Cultivo' (Cultivation Configuration) page in the ArduTEC interface. The page is divided into several sections:

- DATOS GENERALES:** A table with fields: Parcela (Parcela_uch_1), Cultivo (Espinacas), Edad (37), Sistema (Goteo), and Valvula (Apagado).
- CONFIGURACION DE RIEGO:** A table with fields: Nombre (Espinaca primavera), Humedad Tierra Max (85%), Humedad Tierra Min (73%), luz Maxima (1500 lux), and luz Minima (1000 lux).
- INDICADORES DE SENSORES:** A table with fields: Temperatura (22.00 °C), Humedad Ambiental (58.00 % Hum), Presion Atmosferica (1006.3 hPas), Altitud Aprox (63.26 Mtrs.SNDM), Luz (131 Lux), Humedad Tierra (52.00 % Hum), Memoria. Micro (52.00 bytes), and Ultima Actualizacion (Lun. 5 de Octubre, 06:59:03 AM).
- HUMEDAD DE TIERRA:** A section with a progress bar and a red warning message.

Figura 164. Pestaña principal del módulo de administración de cultivo

Ahora presionar el botón, 'terminar cultivo'.

The screenshot shows the 'Configuración del Cultivo' page with two main sections:

- GESTIONAR CULTIVO:** Contains two sub-sections:
 - Detener Cultivo:** A box with text explaining that in case of an emergency, the user can press the 'Detener' button to stop operations. It includes a red 'Detener' button and a yellow 'Volver a Cultivo' button.
 - Terminar Cultivo:** A box with text explaining that when the harvest day arrives, the user should press the 'Terminar' button. It includes a red 'Terminar Cultivo' button and a yellow 'Volver a Cultivo' button.
- CODIGOS DE INSTALACION DE LOS DISPOSITIVOS: ESP8266 DTCT 1:** A section with a note and a form for device installation codes:
 - Channel (Canal): 35018
 - Key Read: 03FY25J7QSLF4LAI
 - Key Write: 9FCT4TF4P7T7FK7
 - Link de Lectura: http://localhost/codeigniter6/claro211

Figura 165. Pestaña del módulo de administración de cultivo, 'Configuración del cultivo'



Figura 166. Llenando el formulario para confirmar baja del cultivo

El cultivo fue dado de baja correctamente, como se puede apreciar en la figura 167, ya no existe ningún cultivo en los cultivos activos del sistema.

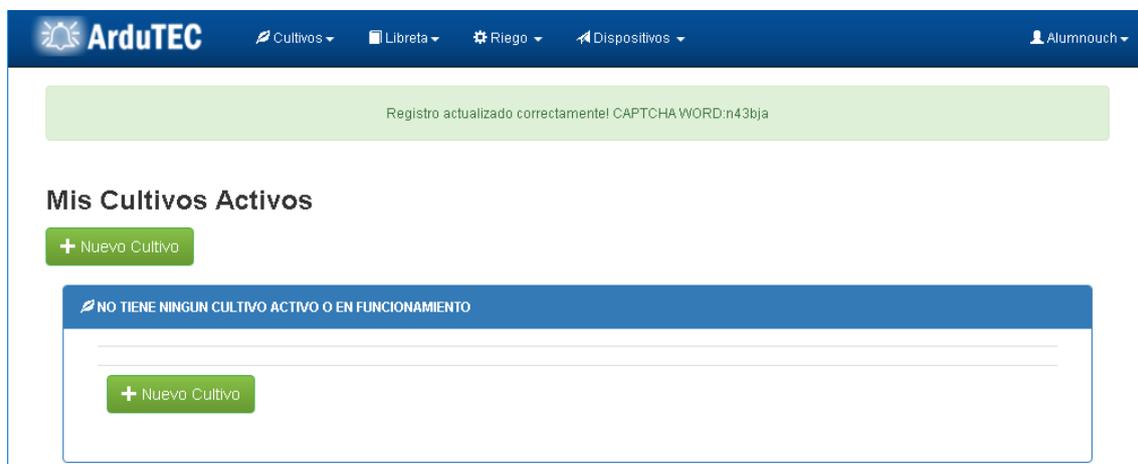


Figura 167. Cultivos activos sin ningún registro

Ahora para poder observar el registro dado de baja, nos debemos dirigir al Menú/Cultivos/Cultivos Terminados (Cosechados), véase figura 168.



Figura 168. Dirigiéndose a cultivos terminados

En la figura 169, como se puede apreciar, el cultivo que fue dado de baja. Se encuentra en la pantalla 'Cultivos terminados', donde se puede ver el tiempo del cultivo, en que parcela se hizo, el tipo de verdura, el tipo de sistema de riego empleado y las fechas de inicio y fin del cultivo.

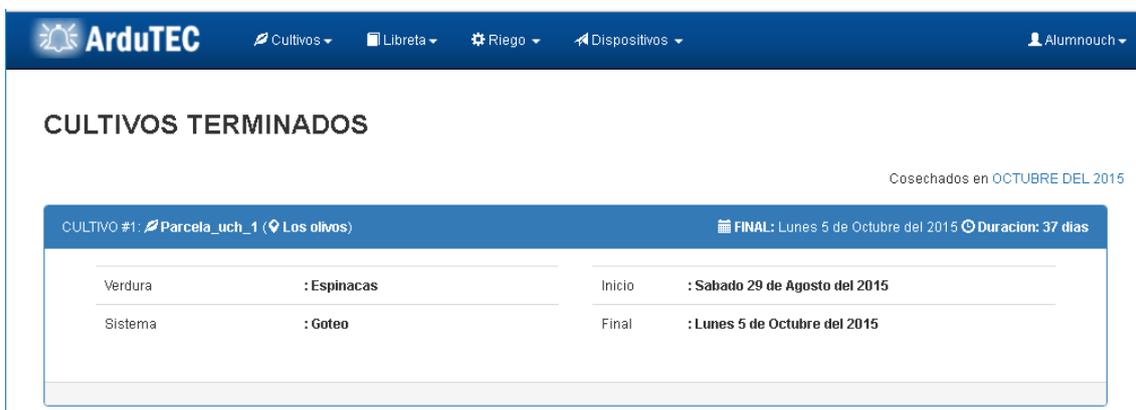


Figura 169. Pantalla, 'Cultivos terminados', con el registro del cultivo cosechado

5. ANEXO F: RESUMEN

La lectura del sistema fue entre:

- 13 de setiembre de 2015
- hasta el 5 de octubre de 2015

Se cosecharon las espinacas y después, se procedió a dar de baja al cultivo en el sistema.

6. ANEXO H: MANUAL DEL SISTEMA ARDUTEC REV.1

El manual completo del uso y configuraciones del sistema se encuentra en el archivo:

MANUAL_DEL_SISTEMA_ARDUTEC_REV_1.docx

El cual se encuentra en formato digital adjuntado en el CD de la tesis, en la cual se muestra las características del sistema y demás funcionalidades, como se puede apreciar en la figura.



Figura 170. Interfaz inicial del sistema ArduTEC

7. ANEXO G: COMPARACIÓN ENTRE RIEGO POR GOTEO Y EL RIEGO POR MÉTODO DE SURCOS

7.1. Requerimientos hídricos

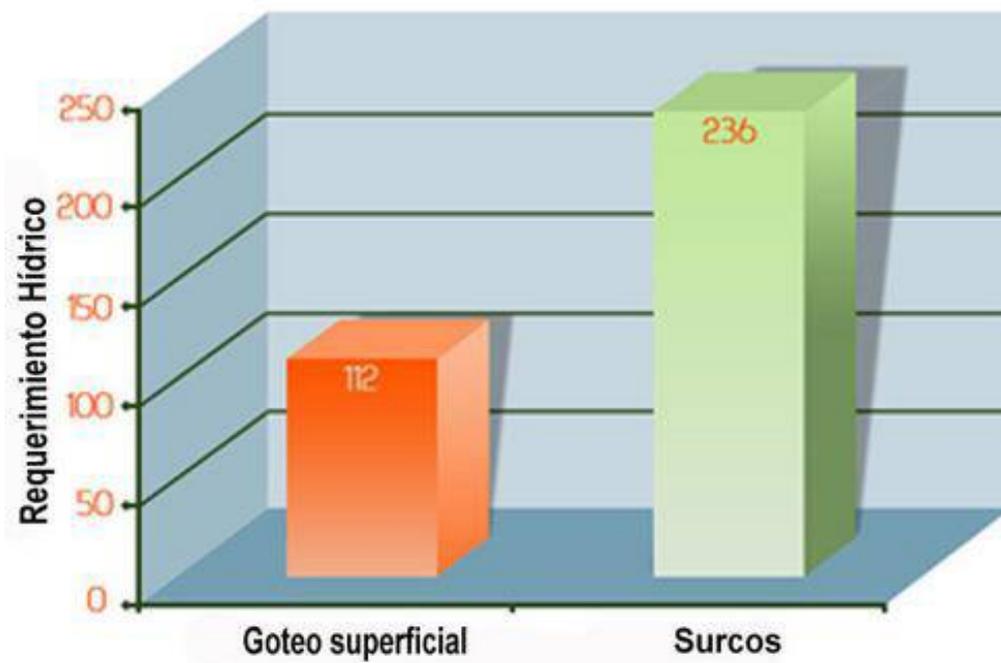


Figura 171. Comparación de requerimientos hídricos entre el riego por goteo y por surcos (Netafim, s.f.)

- 'El riego por goteo, representa un ahorro, de hasta 45-50% de agua respecto al riego por surcos, lo que contribuye a una mayor eficiencia en el uso del agua, en el cultivo de caña de azúcar' (Netafim, s.f.).
- 'El riego por goteo, ahorra en fertilizantes (25-30%), respecto al método de surcos debido a la fertirrigación, con más eficiencia en el uso de fertilizantes, y consecuentemente mayor eficiencia agronómica, mayor eficiencia fisiológica y mayor fracción de recuperación aparente' (Netafim, s.f.).
- 'El riego por goteo reduce el crecimiento de plantas dañinas y ahorra en mano de obra en operaciones de control de malezas, fertirrigación y protección de plantas' (Netafim, s.f.).
- 'El riego por goteo reduce las incidencias de plagas y enfermedades por una mejor sanidad del campo' (Netafim, s.f.).

- ‘Las óptimas relaciones suelo-agua-planta contribuyen a una mejor germinación, emergencia uniforme en el campo y manutención de una población óptima de plantas’ (Netafim, s.f.).
- ‘Cosecha más temprana y mayor número de socas’ (Netafim, s.f.).

7.2. Ventajas agronómicas

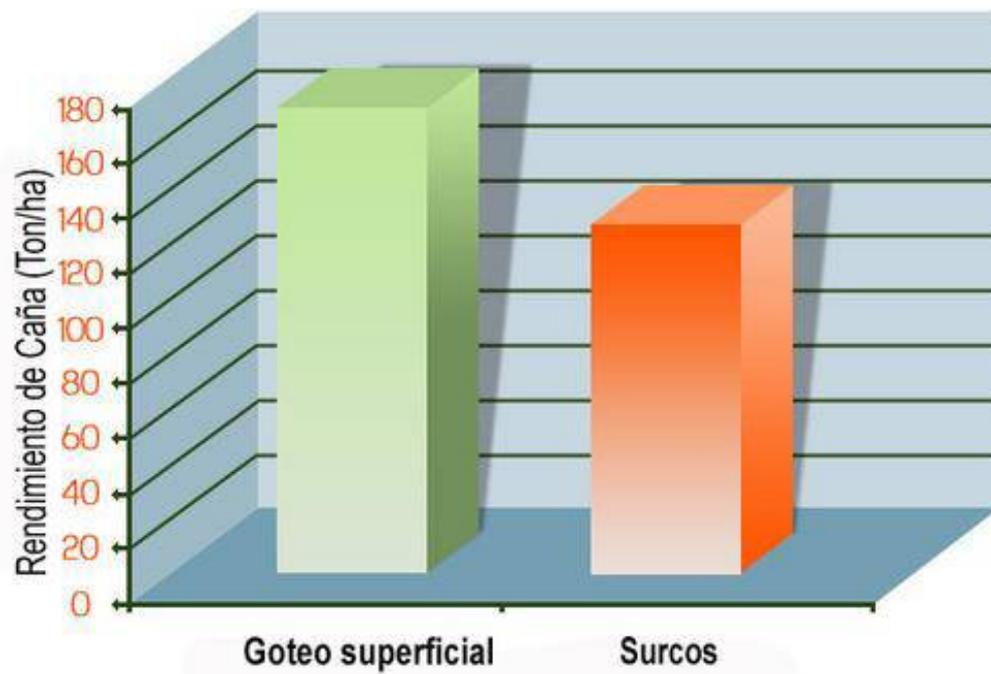


Figura 172. Ventajas agronómicas del riego por goteo sobre el riego por surcos (Netafim, s.f.)

Según (Netafim, s.f.), las nuevas prácticas de manejo promovidas por la tecnología del goteo parecen haber contribuido significativamente al aumento de los rendimientos de caña y azúcar.

Como se puede apreciar en la figura 172, el goteo superficial, alcanza un rendimiento de 170 toneladas por hectárea, mientras que el riego por surcos, obtiene una producción de 120 toneladas por hectárea.

7.3. Cuadro comparativo entre sistema por goteo y método de surcos

De acuerdo con (Quevenco, 2015), “En Sudán, en comparación con el riego de superficie, mediante el riego por goteo se ahorró un 60 % de agua para riego y se incrementó el rendimiento de la cebolla en un 40 %”.

Tabla 20. Comparación entre sistema de riego por goteo y el método de surcos, basado en el boletín de la OIEA

	RIEGO POR GOTEO	RIEGO POR SURCOS
Gastos de agua.	40%	100%
Reducción de malas hierva.	SI	NO
Reducción de plagas	SI	NO
Reducción del periodo vegetativo de las plantas.	SI	NO
Costo de fertilizantes	50%	100%
Rendimiento	100% + 40%	100%
Automatizable	SI	NO (MUY DIFÍCIL)

7.4. Cálculo de volumen de agua usado por riego por goteo vs riego por surcos en un año



Figura 173. Impresión de pantalla del artículo 'Riego por goteo: dosis y tiempo de riego' (archivo.infojardin.com, 2006)

7.4.1. ¿Qué es la dosis de riego?

La cantidad de agua de riego para aplicar a nuestras plantas en función de sus necesidades. Suele expresarse en litros por metro cuadrado y año ($l/m^2/año$) para pequeñas superficies, y en metros cúbicos por hectárea y año ($m^3/ha/año$) para zonas de cultivo.

7.4.2. Cifras orientativas sobre dosis de riego.

Las necesidades hídricas de los cultivos de regadío varían (más o menos) entre los $3000 m^3/ha/año$ y los $8000 m^3/ha/año$. Se puede hacer abstracción de estas cifras para nuestros jardines ($1m^3 = 1000$ litros, $1Ha = 10.000 m^2$), de modo que las necesidades de nuestras plantas (Q) variarán generalmente entre los 300 litros/ $m^2/año$ y los 800 litros/ $m^2/año$.

7.5. Calculando el volumen de agua del cultivo piloto del trabajo de tesis.

Basado en la tabla 19, y la información de la figura 173, se realizó los cálculos para hallar el volumen de agua, usado en el cultivo piloto del trabajo de tesis.

Hay que tener en cuenta las siguientes variables:

Según (Quevenco, 2015):

- “El riego por goteo puede ahorrar un 60% del volumen de agua usado por el riego tradicional”. (p. 1).

Según (archivo.infojardin.com, 2006), en la figura 172:

- “El consumo de agua de un sistema de riego por goteo gasta entre 300 a 800 litros por mt² en un año, dependiendo del tipo de cultivo”. (p. 1).

Según el sistema ArduTEC:

- Fueron 37 días del periodo vegetativo de las espinacas, **véase figura 174.**

El área utilizable para el cultivo de espinacas fue de:

- 3 metros cuadrados (mt²)



Figura 174. Registro del cultivo terminado de espinaca

Con estos datos, logramos hacer un cálculo del volumen de agua consumido durante el periodo vegetativo de 37 días, de las espinacas, **véase tabla 20.**

Tabla 21. Cálculo para hallar el volumen de agua usado para un cultivo de espinacas de 37 días de periodo vegetativo

Variables	
Ahorro de agua del riego por goteo	65 %
Cultivo	37 días
Año	365 días

Calculo de uso de agua en 1 año, como mínimo en un cultivo				
1 Año (min)	GOTEO (40%)		SURCO (100%)	
Área	Litros	m3	Litros	m3
1 m2	300	0.3	857	0.86
1 ha	3,000,000	3,000	8,571,429	8,571

Calculo de uso de agua en 1 año, como máximo en un cultivo				
1 Año (max)	GOTEO (40%)		SURCO (100%)	
Área	Litros	m3	Litros	m3
1 m2	800	0.8	2,286	2.29
1 ha	8,000,000	8,000	22,857,143	22,857

Calculo de uso de agua en un periodo vegetativo de 37 días de espinaca				
37 días	GOTEO (40%)		SURCO (100%)	
Área	Litros	m3	Litros	m3
1 m2	30.4	0.030	87	0.087
2 m2	60.8	0.061	174	0.174
3 m2	91.2	0.091	261	0.261

Consumo total por tipo de riego y ahorro	
Riego por goteo	91.23 litros
Riego por surcos	260.67 litros
AHORRO TOTAL:	169.43 litros

7.6. Conclusión

- El riego por goteo consumió : 91.23 litros
- Hubiéramos gastado con riego por surcos : 260.67 litros
- Se ahorró en litros : 169.43 litros
- Se ahorró respecto a riego por surco (%) : 65%