



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN SISTEMA

TEMA:

**“IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO
MEDIANTE RED INALÁMBRICA DE SENSORES DE HUMEDAD”**

AUTORA:

GISSELA ESTEFANIA VERA CEDEÑO

DIRECTOR:

ING. CARLOS CAIZAGUANO CHIMBO.

QUEVEDO – ECUADOR

2014

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Gissela Estefanía Vera Cedeño**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____
Gissela Estefanía Vera Cedeño

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El suscrito, Ing. Carlos Oswaldo Caizaguano Chimbo, Mcs, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la egresada Gissela Estefania Vera Cedeño, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniera en Sistemas titulada **“IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO MEDIANTE RED INALÁMBRICA DE SENSORES DE HUMEDAD”**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Carlos Oswaldo Caizaguano Chimbo, Mcs
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DE REDACCIÓN

Yo, **Lcda. Marjori Torres Bolaños** con **CC N°. 0701827560**, Docente de la Facultad Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que he revisado la tesis de grado de la egresada **VERA CEDEÑO GISSELA ESTEFANIA**, No. de cédula **1206121624**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas, titulada “**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO MEDIANTE RED INALÁMBRICA DE SENSORES DE HUMEDAD**”, habiendo cumplido con la redacción y corrección ortográfica.

f. _____

Lcda. Marjori Torres Bolaños.



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO MEDIANTE
RED INALÁMBRICA DE SENSORES DE HUMEDAD.

Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título
de INGENIERA EN SISTEMAS.

APROBADO:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS
DR. AMILKAR PURIS CÁCERES

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS
ING. WASHINGTON CHIRIBOGA CASANOVA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS
ING. NANCY RODRÍGUEZ

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2014

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de fuerzas para superar todos los obstáculos. A mis padres por el esfuerzo y sacrificio para brindarme todo el amor, la comprensión, el apoyo incondicional y la confianza en cada momento de mi vida y sobre todo en mis estudios universitarios.

Gisselas Estefania Vera Cedeño

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios.

A mis padres, Nany Cedeño Palacios y Vimer Vera Vera, que siempre me han dado su apoyo incondicional y a quienes debo este triunfo profesional, por todo su trabajo y dedicación para darme una formación académica y sobre todo humanista y espiritual. De ellos es este triunfo y para ellos es todo mi agradecimiento.

Para mis hermanos, Brayan y Jordan, para que también continúen superándose.

A docentes y amigos, por haber compartido enseñanzas y consejos.

Gisselas Estefania Vera Cedeño

(DUBLIN CORE) ESQUEMA DE CODIFICACIÓN			
Título/Title	M	"Implementación de sistema de control de riego mediante red inalámbrica de sensores de humedad".	
Creador/Creator	M	Vera Cedeño Gissela Estefania	
Materia/Subject	M	Ciencias de la Ingeniería; Carrea de Ingeniería en sistemas	
Descripción/Description	M	El presente trabajo se lo ejecutó desde Octubre 2013 a Enero 2014 en los predios de la Finca "El Paraiso", perteneciente al sr. Angel de la Cruz, ubicada en el km 7/2 vía Buena Fe - Quevedo, provincia de Los Ríos, el objetivo del mismo consitió en la implementación de un sistema de control de riego mediante red inalámbrica de sensores de humedad.	
5	Editor/Publisher	M	FCI: CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS; GISSELA ESTEFANIA VERA CEDEÑO
6	Colaborador/contributor	O	NINGUNO
7	Fecha/Date	M	20/03/2014
8	Tipo/Type	M	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
9	Formato/Format	R	Microsoft Office Word 2013
10	Identificador/Identifier	M	http://biblioteca.uteq.educ.ec
11	Fuente/Source	O	
12	Lenguaje/Language	M	Español
13	Relación/Relation	O	Ninguno
14	Cobertura/Coverage	O	Finca el Paraíso
15	Derechos/Rights	M	Ninguno
16	Audiencias/Audience	O	PROYECT OF INVESTIGATION

RESUMEN

El presente trabajo se lo ejecutó desde Octubre 2013 a Enero 2014 en los predios de la Finca “El Paraíso”, perteneciente al sr. Angel de la Cruz, ubicada en el km 7/2 vía Buena Fe - Quevedo, provincia de Los Ríos.

Se Diseñó y Construyó un Sistema de Riego por Aspersión, que permite aprovechar el recurso hídrico disponible de la Finca “El Paraíso”, de manera eficiente en el ámbito agronómico, ya que se eliminará el riego manual por uno automático de acuerdo a las necesidades del cultivo.

La implementación del sistema se realizó en el cultivo de Pimiento a los 3 meses de edad y como resultado se obtuvo un sistema de riego tecnificado con un alto coeficiente de uniformidad y un eficiente consumo hídrico, logrando así impacto positivo entre los empleados de la finca quienes presenciaron el trabajo final.

Se utilizaron dispositivos ZIBEE basados en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN) para la transmisión de los datos del sensor de humedad de cada una de las parcelas, cada uno de éstos dispositivos están alimentados por baterías recargables lo que facilita la instalación de los mismos.

SARIEGO se implementó con tres dispositivos de medición ubicados en parcelas con una distancia de 25 mts entre cada uno de ellos, por lo que se utilizó tres electroválvulas para permitir el paso de agua para cada uno de éstos sectores de acuerdo a las necesidades individuales de cada parcela.

SUMMARY

This work was executed from October 2013 to January 2014 on the grounds of Finca "El Paraiso", belonging to sr. Angel of the Cross, located at km 7/2 via Buena Fe - Quevedo, Los Rios province.

He designed and built a system Sprinkler Irrigation that leverages the available water resources of the farm "El Paraiso" efficiently in the agronomic field, as manual watering is removed by an automatic according to the needs of cultivation.

The implementation of the system was performed in growing peppers at 3 months of age and results in a modern irrigation system with a high coefficient of uniformity and efficient water consumption was obtained , achieving positive impact among farm employees who they witnessed the final work.

Based on the IEEE 802.15.4 standard , each of these devices wireless personal area networks (personal wireless area network , WPAN) for the transmission of sensor data Moisture each of the plots were used ZIBEE devices are powered by rechargeable batteries which makes installing them.

SARIEGO was implemented with three measuring devices located in plots with a distance of 25 meters between each, so three solenoid valves are used to allow the passage of water for each of these sectors according to the individual needs of each plot.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción	2
1.2. Situación actual de la problemática	3
1.2.1. Análisis del Problema	3
1.2.2. Formulación del Problema	4
1.2.3. Sistematización	4
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. Planteamiento	6
1.5.2. Matriz de Operacionalización	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Fundamentación conceptual	9
2.2. Fundamentación teórica	9
2.2.1. Base de datos	9
2.2.2. Microsoft SQL Server	10
2.2.3. Lenguajes de programación	12
2.2.4. Visual Studio Ultimate 2012	14
2.2.5. Sistema de riego	14
2.2.5.1. Elección del método de riego	15
2.2.5.2. El riego por aspersión	16
2.2.5.3. Electroválvulas	21
2.2.6. Tecnología ZigBee	22
2.2.6.1. Aplicaciones de ZigBee	23
2.2.6.2. Las capas del protocolo ZigBee	25
2.2.6.3. Tipos de nodos ZigBee	29
2.2.6.4. Topologías	30
2.2.7. Módulos XBEE	33
2.2.7.1. XBee-PRO 802.15.4	34
2.2.7.2. Configuración de los Módulos	36
2.2.7.3. Software X-CTU para comandos	42
2.2.7.4. Usando X-CTU	44

2.2.8. ¿Qué es un microcontrolador?.....	47
2.2.9. Sensores de humedad.....	47
2.2.10. Encuestas.	49
2.2.10.1. Condiciones en tener en cuenta en la aplicación de la encuesta.....	49
2.2.10.2. Tipos de preguntas	50
2.2.11. Entrevista.	51
2.2.12. Observación.....	52
2.2.13. Metodología de desarrollo.....	53
2.3. Marco referencial	55
2.3.1. Sistema de riego inteligente.....	55
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	57
3.1. Materiales y métodos.....	58
3.1.1. Equipos y Materiales.....	58
3.2. Métodos de investigación.....	63
3.2.1. Método científico.....	63
3.3. Diseño experimental	66
3.3.1. Cuasi-experimental	66
3.4. Técnicas de investigación.....	67
3.4.1. Población	67
3.4.2. Muestra.....	68
3.4.3. Encuestas.	68
3.4.4. Entrevista.	76
3.4.5. Observación.....	77
CAPÍTULO IV. DESARROLLO DEL SISTEMA.....	78
4.1. Factibilidad.....	79
4.1.1. Factibilidad Técnica	79
4.1.2. Factibilidad Operacional.....	80
4.1.3. Factibilidad Económica	80
4.2. Metodología de desarrollo de software	80
4.2.1. Metodología RUP.....	80
4.2.2. Análisis.....	81
4.2.2.1. Especificación de requerimientos	81
4.2.2.1.1. Propósito.....	82
4.2.2.1.2. Alcance	82
4.2.2.1.3. Referencias.....	83
4.2.2.1.4. Descripción General del Sistema Informático SARIEGO	83

4.2.2.1.5. Requerimientos específicos funcionales	84
4.2.2.1.6. Casos de Uso	86
4.2.2.1.7. Requerimientos no Funcionales.....	95
4.2.2.1.8. Diagramas de Casos de Uso	95
4.2.2.1.9. Diagramas de Secuencia.....	96
4.2.2.1.10. Diagrama de Clases.....	107
4.2.2.1.11. Diagrama de 3 Capas..	108
4.2.3. Diseño.....	109
4.2.3.1. Diseño de la aplicación.	109
4.2.3.2. Diseño de dispositivos electrónicos.	112
4.2.3.3. Diseño de Base de Datos	114
4.2.3.3.1. Modelo Entidad Relación.....	114
4.2.3.3.2. Diccionario de Datos.....	115
4.2.4. Desarrollo.....	116
4.2.4.1. Base de Datos.	116
4.2.4.2. Aplicación.....	117
4.2.5. Implantación.....	117
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	118
5.1. Pruebas y resultados	119
5.1.1. Pruebas de Ejecución	119
5.1.2. Hardware Utilizado para las Pruebas.....	121
5.2. Resultado de la comprobación de hipótesis.....	121
5.2.1. Variable Independiente	121
5.2.2. Variable Dependiente	122
5.2.2.1. Económico.	122
5.2.2.2. Personal.....	122
5.2.2.3. Tiempo	122
5.3. Análisis de resultados	122
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	126
6.1. Conclusiones	127
6.2. Recomendaciones	127
CAPÍTULO VII. LITERATURA CITADA	129
7.1. Bibliografía.....	130
7.2. Enlaces web.....	131
CAPÍTULO VIII. ANEXOS.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Equipos, Materiales y Recursos Humanos	58
Tabla 2: Personal que labora en la finca “El paraíso”	68
Tabla 3: ¿Cuál es la disponibilidad de agua para el riego por turnos en la Finca El Paraíso?	69
Tabla 4: ¿Qué tipo de riego utilizan en la finca El Paríso?	70
Tabla 5: ¿De donde proviene el agua que utiliza para el riego del cultivo de la finca?	71
Tabla 6: ¿Cree usted que la implementación de un sistema de riego o automatico con sensores de humedad mejorará la producción de los cultivos de la Finca El Paraíso?	72
Tabla 7: ¿En que se basan para determinar el momento adecuado para a realizar el riego?	73
Tabla 8: ¿Cuántas horas les toma realizar el riego a todo el cultivo de pimiento en la Finca?	74
Tabla 9: ¿Llevan algun registro de las actividades de riego que realiza en el cultivo de pimiento?	75
Tabla 10: ¿Cuentan con un sistema automático para el riego del cultivo de pimiento?	76
Tabla 11: Factibilidad económica: Hardware y Software	79
Tabla 12: Funciones de módulo electrónico: envia_trama	86
Tabla 13: Caso de uso Enviar Trama	87
Tabla 14: Funciones de formulario: monitoreo	88
Tabla 15: Caso de uso Recibir Trama	88
Tabla 16: Caso de uso Cambiar Programación Manual	89
Tabla 17: Caso de uso Cambiar Programación Automática	90
Tabla 18: Funciones de formulario: ProgramaciónRiego	91
Tabla 19: Caso de uso Registrar Programación	91
Tabla 20: Funciones de formulario: Configuración Puerto	92
Tabla 21: Caso de uso Registrar Configuración de Puerto USB	92
Tabla 22: Funciones de módulo electrónico: EnciendeBomba	93

Tabla 23: Caso de uso Activar Riego	94
Tabla 24: Cuadro comparativo de uso de SARIEGO	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de electroválvulas	21
Figura 2. Capas protocolo ZigBee	26
Figura 3. Asignación de canales	27
Figura 4. Modelo de referencia de la capa MAC.....	28
Figura 5. Relaciones de la Capa de Red	29
Figura 6. Topologías de Red	31
Figura 7. Dispositivo XBee	33
Figura 8. Especificaciones del Xbee	35
Figura 9. Diagrama de Pines del XBee	36
Figura 10. Esquema de comando AT	37
Figura 11. Sintaxis de comandos AT	37
Figura 12. Sintaxis de comandos ATMY	38
Figura 13. Sintaxis de comandos (+++).	39
Figura 14. Sintaxis de comandos ATDL	39
Figura 15. Pestaña PC Settings del programa X-CTU.....	42
Figura 16. Pestaña Range Test del programa X-CTU	43
Figura 17. Pestaña Terminal del programa X-CTU	43
Figura 18. Pestaña Modem Configuration del programa X-CTU	44
Figura 19. Conectando con el puerto COM	45
Figura 20. Ilustración de la lectura los datos recibidos por el puerto.....	46
Figura 21. Ilustración de la lectura de la configuración guardada del XBee.....	47
Figura 22. Sensor de humedad.....	48
Figura 23. ¿Cuál es la disponibilidad de agua para el riego por turnos en la Finca El Paraiso?	69
Figura 24. ¿Qué tipo de riego utilizan en la finca El Paríso?	70
Figura 25. ¿De donde proviene el agua que utiliza para el riego del cultivo de la finca?	71
Figura 26. ¿Cree usted que la implementación de un sistema de riego automatico con sensores de humedad mejorará la producción de los	

cultivos de la Finca El Paraíso?	72
Figura 27. ¿En que se basan para determinar el momento adecuado para realizar el riego?	73
Figura 28. ¿Cuántas horas les toma realizar el riego a todo el cultivo de pimiento en la Finca?	74
Figura 29. ¿Llevan algun registro de las actividades de riego que realiza en el cultivo de pimiento?	75
Figura 30. ¿Llevan algun registro de las actividades de riego que realiza en el cultivo de pimiento?	76
Figura 31. Diagrama de caso de uso.....	95
Figura 32. Diagrama de secuencia: Recibir trama.....	96
Figura 33. Diagrama de secuencia: Guardar actividad de riego.....	97
Figura 34. Diagrama de secuencia: Guardar programación manual.....	99
Figura 35. Diagrama de secuencia: Activar programación manual.....	103
Figura 36. Diagrama de secuencia: Guardar Configuracion PuertoCom.....	106
Figura 37. Diagrama de clase: Acceso a datos.....	107
Figura 38. Diagrama de clase: Logica de negocio.....	107
Figura 39. Diagrama de clase: Entidad de negocio.....	108
Figura 40. Diagrama de capa.....	108
Figura 41. Pantalla monitoreo.....	109
Figura 42. Pantalla programación de riego.....	109
Figura 43. Pantalla configuración de puerto COM.....	110
Figura 44. Pantalla de reporte de Históricos.....	110
Figura 45. Pantalla de reporte Estadísticos.....	111
Figura 46. Diseño de circuito electrónico.....	112
Figura 47. Circuito electrónico sensor de humedad.....	113
Figura 48. Circuito electrónico Activar Bomba.....	113
Figura 49. Diseño de base de datos.....	114
Figura 50. Modelo entidad relación.....	114
Figura 51. Configurar puertoCom.....	119
Figura 52. Estados de riego.....	120
Figura 53. Monitor de riego encendido.....	120

ÍNDICE DE ANEXOS

Árbol de Problemas	135
Cuadro de actividades	136
Encuestas	137
Tabla T-Student	139
Código Fuente de la aplicación.	141
Fotos	168

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Los agricultores que desarrollan sus emprendimientos comerciales en regiones áridas o semiáridas han planteado la necesidad de reducir el consumo de agua, destinada al riego agrícola. El objetivo es superar las limitaciones de los recursos hídricos y energéticos. Algunas de las restricciones que enfrentan son: expansión del área cultivada, riego insuficiente y uso restringido del suministro eléctrico son las más destacadas.

Debido a que los agricultores dependen en gran medida de la extracción de agua para efectuar el riego de sus cultivos, el gasto de energía consumido para ello es el principal punto de interés a minimizar dentro de sus costos operativos.

Esto indica que cualquier mejora en el uso del agua repercute inmediatamente en la rentabilidad de sus negocios, tanto por el ahorro de energía (Las bombas se activarán y desactivarán en el momento oportuno) como por aumento del área cultivada.

Además cabe recalcar que es imprescindible que el agua destinada al riego agrícola se utilice con responsabilidad, considerando que este recurso suele ser escaso y hacer un uso racional del líquido vital es de gran importancia desde el punto de vista ambiental y social.

Con idea de abordar las problemáticas antes mencionadas y brindar una solución tecnológica adecuada, en este trabajo se presenta el diseño e implementación de un sistema conformado de hardware y software (**SARIEGO**) que efectúe la medición de la humedad del suelo agrícola para el control automático de un sistema de riego.

(Sensor Intelligence, 2012). Para aplicaciones de monitorización y control en agricultura, las redes de sensores inalámbricos ofrecen una densidad de puntos de medida lo suficientemente alta como para medir parámetros del

terreno, de la planta y del entorno según la variabilidad espacial del suelo, conociendo con exactitud que ocurre en cada parcela, y tomar las decisiones adecuadas para optimizar el cultivo.

(Salgado, 2012). SARIEGO esta formado por una red de nodos autónomos, que recogen datos y los transmiten a otros nodos cercanos como repetidores de la señal hasta llegar a la central de control. Para esto, utiliza dispositivos ZIGBEE basados en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN).

1.2. Situación actual de la problemática

1.2.1. Análisis del Problema

Las empresas dedicadas a la agricultura, los pequeños agricultores e incluso personas dedicadas a la jardinería, tienen problemas para encontrar el nivel adecuado de riego para sus cultivos.

El anegamiento (inundación de un terreno agrícola) es ocasionado por el exceso hídrico. Se produce cuando los macroporos (aireación del suelo) están saturados de agua. Esto causa la ausencia de oxígeno en el suelo ocasionando, en la mayoría de las plantas, una asfixia celular a nivel radicular, perdiendo funcionalidad sus raíces y provocando el decaimiento de las plantas.

(Calveiro, 2013). El exceso hídrico en el suelo favorece la existencia de bacterias anaerobias, las cuales reducen el sulfato, produciendo ácido sulfúrico (H₂S) como uno de los productos de la reacción. El H₂S es un compuesto sumamente tóxico para las raíces que provoca podredumbres o puede evitar la absorción de nutrientes.

Otro problema importante se da cuando la cantidad de agua destinada al riego no es suficiente para que el suelo tenga el nivel de humedad adecuado, esto puede darse en temporadas de verano donde la irradiación solar es bastante

fuerte. Cuando los cultivos se ven sometidos a condiciones de sequía, reducen su transpiración y, por consiguiente, la temperatura de la planta sube (Moneo, 2004).

El uso inadecuado del agua para efectuar el riego de sus cultivos, provoca aumento en el consumo de energía eléctrica, debido a que no se conoce con certeza el momento adecuado para activar las bombas de agua.

Todos estos problemas provocan que los agricultores tengan baja productividad en sus cultivos lo que genera pérdidas económicas, es por esto que se buscan varias alternativas que permitan tener mayor control sobre el uso adecuado del recurso hídrico para el riego de los cultivos.

1.2.2. Formulación del Problema

¿Cómo mejorar la eficiencia del consumo de agua destinada al riego agrícola?

1.2.3. Sistematización

- ¿Se logrará desarrollar un sistema de riego que incorpore la tecnología de comunicación IEEE 802.15.4?
- ¿Se permitirá programar periodos de riego de acuerdo a la experiencia del agricultor?
- ¿Se podrá controlar el nivel de humedad del suelo, mediante el uso de sensores?
- ¿Se tendrá reportes estadísticos de las actividades de riego?

1.3. Justificación

Al hablar de la necesidad de modernización de los sistemas de riego, es referirse a aquellos procesos y métodos que logren incrementar la eficiencia del consumo de agua.

El ahorro de agua es un tema que preocupa a la sociedad, por ello es necesario poner soluciones para reducir la escases de este bien. Una buena forma de evitar el gasto innecesario de agua, es hacer uso de los sistemas de riego, logrando un consumo responsable que a su vez resulte eficaz para el mantenimiento de plantas y cultivos, contribuyendo a preservar este recurso tan valioso y necesario.

La implantación de un sistema electrónico y computacional es fundamental para poder proporcionar una óptima gestión de los recursos hídricos así como la reducción de costos en el manejo de riego y la obtención de mejores resultados en la producción.

Lo que se busca con estos sistemas es la optimización en el consumo de agua y ahorro energético, reduciendo la necesidad de agua y el tiempo de bombeo. De esta manera se puede mejorar la calidad de la producción, al conocer y controlar en la medida de los posibles factores climáticos como la humedad.

La mayoría de fincas y haciendas no cuenta con un sistema autónomo para el control de riego, actualmente se realiza este proceso de forma manual encendiendo las bombas de agua cuando el agricultor lo cree necesario. Es importante que este control se realice de forma automática midiendo el grado de humedad del suelo y determinar el momento y cantidad adecuada de agua para el riego del cultivo.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Implementar un sistema electrónico de control de riego mediante red inalámbrica de sensores de humedad que permita incrementar la eficiencia del consumo de recursos hídricos en el riego agrícola.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Utilizar la tecnología de comunicación Zigbee basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal para la comunicación de datos desde los *puntos* de medida hacia la central de control.
- Desarrollar una interfaz de usuario que permita establecer periodos de riego a determinada parcela del cultivo a voluntad del agricultor.
- Implementar dispositivos electrónicos con sensores de humedad que permitan monitorear constantemente la humedad del suelo.
- Diseñar e implementar un módulo que proporcione reportes sobre las actividades de riego realizadas por el sistema.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Planteamiento

La implantación de un sistema con red inalámbrica de sensores de humedad, incrementará la eficiencia del consumo de recursos hídricos en el riego agrícola.

1.5.2. Matriz de Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
INDEPENDIENTE Sistema electrónico con red inalámbrica de sensores de humedad	Sistema compuesto de hardware y software que permite determinar el momento y la cantidad de agua más adecuados a aplicar en función del estado de humedad del suelo.	Software	• Sistema totalmente amigable y de fácil interacción con los usuarios. • Encaja fácilmente con la forma de trabajar del usuario. • Módulo que permite definir tiempos de riego a voluntad del agricultor. • Generación de reportes estadísticos.
		Hardware	• Confiabilidad de los dispositivos electrónicos. • Uso de sensores de humedad. • Estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE_802.15.4 • Activación automática de bombas y dispersores.
DEPENDIENTE Eficiencia del consumo de recursos hídricos en el riego agrícola	Uso adecuado del agua destinada al riego, utilizando solo lo necesario para mantener el cultivo en óptimas condiciones	Consumo	• Ahorro en el consumo de agua para el riego agrícola.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Fundamentación conceptual

2.1.1. Puntos de medida. Ubicación física en donde se encuentran dispositivos electrónicos encargados de realizar lectura del nivel de humedad del suelo.

2.1.2. Central de control. Es el lugar donde se efectúa la recepción y procesamiento de datos enviados desde los sensores de humedad, permite monitorear la humedad del suelo y controlar de forma remota la activación de las bombas de agua. Cuenta con hardware y software apropiado para realizar esta tarea.

2.1.3. Sistema con red inalámbrica de sensores de humedad. Sistema compuesto de hardware y software que permite determinar el momento y la cantidad de agua más adecuados a aplicar en función del estado de humedad del suelo.

2.1.4. Eficiencia del consumo de recursos hídricos en el riego agrícola. Uso adecuado del agua destinada al riego, utilizando solo lo necesario para mantener el cultivo en óptimas condiciones.

2.2. Fundamentación teórica

2.2.1. Base de datos.

Una base de datos es una herramienta para recopilar y organizar información. En las bases de datos, se puede almacenar información sobre personas, productos, pedidos, o cualquier otra cosa. Muchas bases de datos empiezan siendo una lista en un programa de procesamiento de texto o en una hoja de cálculo. A medida que crece la lista, empiezan a aparecer repeticiones e inconsistencias en los datos. Cada vez resulta más complicado comprender los datos presentados en la lista y existen pocos métodos para buscar o recuperar subconjuntos de datos para revisarlos. Cuando empiezan a observarse estos

problemas, es aconsejable transferir la información a una base de datos creada mediante un sistema de administración de bases de datos (DBMS) (Microsoft, 2013), como SQL

2.2.2. Microsoft SQL Server

Microsoft SQL Server es un sistema para la gestión de bases de datos producido por Microsoft basado en el modelo relacional. Sus lenguajes para consultas son T-SQL y ANSI SQL.

T-SQL Transact-SQL (T-SQL)

Es el lenguaje de programación del SQL Sever; a través de él, podemos realizar muchas operaciones relacionadas con el SQL sin tener que volver a pasar por código ASP o VB, esto simplificará vuestro código y ganará en rapidez dado que el T-SQL se ejecuta dentro del SQL Sever y es código compilado, se compila la primera vez que se ejecuta el Stored Procedure. EL T-SQL se puede utilizar desde multitud de aplicaciones y desde diferentes lenguajes de programación o Desde Visual Basic o Desde Visual C++ o Desde Active Server Pages (ASP).

DDL (Lenguaje de Definición de Datos)

Un lenguaje de definición de datos (Data Definition Language, DDL por sus siglas en inglés) es un lenguaje que permite a los usuarios llevar a cabo las tareas de definición de las estructuras que almacenarán los datos así como de los procedimientos o funciones que permitan consultarlos. El lenguaje de programación SQL, admite las siguientes sentencias de definición: CREATE, DROP y ALTER, cada una de las cuales se puede aplicar a las tablas, vistas, procedimientos almacenados y triggers de la base de datos.

DCL (Lenguaje de Manipulación de Datos)

Un Lenguaje de Manipulación de Datos (Data Manipulation Language, DML) es un lenguaje que permite a los usuarios llevar a cabo las tareas de consulta o manipulación de los datos, organizados por el modelo de datos adecuado. Es usado para recuperar y manipular datos en una base de datos relacional (Patiño, 2010).

Microsoft SQL Server 2012.

(Microsoft, 2012) Microsoft SQL Server 2012 permite a los desarrolladores ser más productivos y crear fácilmente la siguiente generación de soluciones robustas de bases de datos usando el poderoso lenguaje de programación SQL Server T-SQL y tipos de datos ricos que administran prácticamente cualquier tipo de datos a través de toda una nueva experiencia unificada para el desarrollador que permite desarrollar una vez, implementar en cualquier lugar a lo largo de las instalaciones y la nube.

Capacidades clave de Microsoft SQL Server 2012.

- Nueva experiencia unificada de desarrollo
- SQL Server Data Tools unifica la experiencia de desarrollo para el desarrollo de bases de datos.
- Un entorno único e integrado para el desarrollo de bases de datos a lo largo de bases de datos, BI, y el web para cualquier plataforma SQL Server en y fuera de las instalaciones dentro de Visual Studio.
- Opción en almacenamiento de datos con FileTable y Almacenamiento remoto de blogs.
- Mejoras para Búsqueda de texto completo ultra rápidas.

- Soporte espacial ampliado.
- Nuevos esquemas

El soporte del Esquema de Aplicaciones a nivel de datos simplifica dramáticamente el desarrollo, la implementación y la administración de las aplicaciones de bases de datos a lo largo de las instalaciones y la nube.

2.2.3. Lenguajes de programación

Un lenguaje de programación es un lenguaje que puede ser utilizado para controlar el comportamiento de una máquina, particularmente una computadora. Consiste en un conjunto de reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos, respectivamente. Aunque muchas veces se usa lenguaje de programación y lenguaje informático como si fuesen sinónimos, no tiene por qué ser así, ya que los lenguajes informáticos engloban a los lenguajes de programación y a otros más, como, por ejemplo, el HTML.

- **Lenguajes compilados**

Naturalmente, un programa que se escribe en un lenguaje de alto nivel también tiene que traducirse a un código que pueda utilizar la máquina. Los programas traductores que pueden realizar esta operación se llaman compiladores. Éstos, como los programas ensambladores avanzados, pueden generar muchas líneas de código de máquina por cada proposición del programa fuente. Se requiere una corrida de compilación antes de procesar los datos de un problema.

Los compiladores son aquellos cuya función es traducir un programa escrito en un determinado lenguaje a un idioma que la computadora entienda (lenguaje máquina con código binario).

Al usar un lenguaje compilado (como lo son los lenguajes del popular Visual Studio de Microsoft), el programa desarrollado nunca se ejecuta mientras haya errores, sino hasta que luego de haber compilado el programa, ya no aparecen errores en el código.

- **Lenguajes interpretados**

Se puede también utilizar una alternativa diferente de los compiladores para traducir lenguajes de alto nivel. En vez de traducir el programa fuente y grabar en forma permanente el código objeto que se produce durante la corrida de compilación para utilizarlo en una corrida de producción futura, el programador sólo carga el programa fuente en la computadora junto con los datos que se van a procesar. A continuación, un programa intérprete, almacenado en el sistema operativo del disco, o incluido de manera permanente dentro de la máquina, convierte cada proposición del programa fuente en lenguaje de máquina conforme vaya siendo necesario durante el proceso de los datos. No se graba el código objeto para utilizarlo posteriormente.

La siguiente vez que se utilice una instrucción, se le debe interpretar otra vez y traducir a lenguaje máquina. Por ejemplo, durante el procesamiento repetitivo de los pasos de un ciclo, cada instrucción del ciclo tendrá que volver a ser interpretado cada vez que se ejecute el ciclo, lo cual hace que el programa sea más lento en tiempo de ejecución (porque se va revisando el código en tiempo de ejecución) pero más rápido en tiempo de diseño (porque no se tiene que estar compilando a cada momento el código completo). El intérprete elimina la necesidad de realizar una corrida de compilación después de cada modificación del programa cuando se quiere agregar funciones o corregir errores; pero es obvio que un programa objeto compilado con antelación deberá ejecutarse con mucha mayor rapidez que uno que se debe interpretar a cada paso durante una corrida de producción (Belèn, 2008).

2.2.4. Visual Studio Ultimate 2012.

(Microsoft, 2013) Visual Studio Ultimate 2012 es la solución de desarrollo de vanguardia que permite a los equipos de todos los tamaños diseñar y crear aplicaciones atractivas del gusto de los usuarios.

Con dispositivos conectados y servicios basados en la nube, se tiene más y mejores oportunidades que nunca. Los desarrolladores independientes pueden conectarse desde cualquier lugar, generar aplicaciones brillantes y ponerlas a disposición de millones de usuarios. Los equipos grandes y ágiles pueden darles a sus empresas ventajas significativas: cuánto más rápida sea la ejecución, mayor podrá ser la ventaja (Microsoft, 2013).

2.2.5. Sistema de riego

El riego (Durango, 2001) es una de las labores agronómicas de gran importancia que permite conseguir potencialmente el desarrollo agrícola de los cultivos incrementando sus rendimientos. El riego se puede definir como la aplicación artificial de agua al terreno con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo.

En un sentido más amplio, la irrigación puede definirse como la aplicación de agua al terreno con los siguientes objetivos:

- Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos puedan desarrollarse.
- Asegurar las cosechas contra sequías de corta duración.
- Refrescar la temperatura del suelo y la atmósfera para de esta forma mejorar las condiciones ambientales para su desarrollo vegetal.
- Disolver sales contenidas en el suelo.

- Reducir la probabilidad de formación de drenajes naturales.
- Dar las características óptimas de humedad de suelo.

(VÉLEZ MARCILLO, 2012) En términos generales el objetivo que se persigue con el riego es aplicar a los cultivos, de forma eficiente y sin alterar la fertilidad del suelo, el agua en el momento adecuado y en la cantidad necesaria para lograr un crecimiento óptimo.

2.2.5.1. Elección del método de riego

(VÉLEZ MARCILLO, 2012) Indica lo siguiente: La elección del método de riego más adecuado se realiza en función de los siguientes factores:

La topografía. El riego por superficie precisa de una nivelación del terreno. Esta nivelación puede en ocasiones dañar al suelo y ser más costosa que el equipamiento necesario para el riego por aspersión o goteo.

Las características físicas del suelo. Mientras que los sistemas de aspersión y goteo son pocos sensibles a las propiedades del suelo, el riego por superficie necesita de suelos de infiltración media. Es de esta manera como alcanza una eficiencia elevada y no tiene problemas de encharcamiento. En aspersión y goteo, si el suelo tarda en infiltrar el agua, se pueden dar problemas de escorrentía y erosión.

El tipo de cultivo. Hay cultivos que se desempeñan de forma óptima en algunos sistemas de riego. Así, los árboles frutales se desarrollan muy adecuadamente en riego por goteo, y los cultivos hortícolas se suelen asociar al riego por surcos o al riego por goteo.

La disponibilidad de agua. Los sistemas que puedan resultar más eficientes en una determinada situación serán los más adecuados cuando la disponibilidad de agua es baja.

La calidad del agua. Los problemas de calidad de agua pueden presentarse de muchas formas diferentes. En general, una deficiente calidad del agua será más dañina para el cultivo si éste se moja con el agua de riego, por lo que el riego por aspersión no se recomienda en la mayoría de los casos de baja calidad del agua (por ejemplo, cuando la salinidad es elevada). La disponibilidad de mano de obra. En los días en que vivimos, la disponibilidad de mano de obra se está convirtiendo en uno de los factores más importantes, debido a la emigración creciente de personas hacia las zonas urbanas.

El costo de la instalación. Este es un factor importante, aunque en este momento los costes de implantación de nuevos sistemas de riego por superficie, aspersión y goteo pueden ser muy similares.

El efecto sobre el medio ambiente. Los problemas de baja eficiencia de riego o los derivados del impacto ambiental, suponen un factor de creciente importancia en la elección del sistema de riego

2.2.5.2. El riego por aspersión

(VÉLEZ MARCILLO, 2012) El riego por aspersión es una modalidad de riego mediante la cual el agua llega a las plantas en forma de "lluvia" localizada más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo que infiltre en el mismo punto donde cae. Para ello es necesaria una red de distribución que permita que el agua de riego llegue con presión suficiente a los elementos encargados de aplicar el agua (aspersores o difusores).

Los sistemas de riego por aspersión se adaptan bastante bien a topografías ligeramente accidentadas, tanto con las tradicionales redes de tuberías como con las máquinas de riego. El consumo de agua es moderado y la eficiencia de uso bastante aceptable. Sin embargo, la aplicación del agua en forma de lluvia está bastante condicionada a las condiciones climáticas que se produzcan, en particular al viento y a la aridez del clima, ya que si las gotas generadas son

muy pequeñas, las gotas podrían desaparecer antes de tocar el suelo por la evaporación; y cuando son muy gruesas pueden dañar al cultivo y al suelo.

Ventajas e inconvenientes del riego por aspersión.

De forma general se puede decir que presenta las siguientes ventajas:

- La distribución del agua del terreno es bastante uniforme.
- Puede ser utilizado en suelos con grandes velocidades de infiltración.
- Uso adecuado en terrenos con grandes pendientes.
- Alta eficiencia de aplicación (lo cual lo hace adecuado en regiones con limitaciones de agua).
- Se puede operar en horas de la noche.
- Los sistemas pueden ser instalados con mayor rapidez.
- Permite aplicar normas de riego pequeñas y con gran frecuencia.
- Permite la automatización y mecanización del sistema de riego.
- No interfiere las labores de mecanización agrícola (tuberías portátiles).
- Se puede aplicar el fertilizante junto con el agua de riego (fertirrigación).
- Permite regar casi todos los cultivos, salvo algunos muy delicados a los que el tamaño de la gota puede causar daño.
- No erosiona el terreno ni destruye la estructura del suelo.

- Enriquecen el agua con oxígeno, que es muy importante para la planta.
- Los principales inconvenientes del riego por aspersión son:
- Requiere de alto consumo de energía comparado con el resto de los métodos de riego.
- Elevado costo de instalación respecto al riego por gravedad, debido a la necesidad de disponer salvo raras excepciones en que exista una presión suficiente de agua.
- Mayores costos de funcionamiento respecto a otros métodos, ya que necesita una presión de trabajo a la salida del aspersor como mínimo del orden de 20 m.c.a.
- Disminución de la eficiencia de aplicación en parcela cuando existe viento con velocidad superior a los 2,5 m/s.

Componentes de un sistema de riego por aspersión

(VÉLEZ MARCILLO, 2012) Un sistema de riego por aspersión está compuesto por:

- Un equipo de bombeo encargado de proporcionar agua a presión. En algunas zonas no resulta necesario este equipo ya que se dispone de presión natural.
- Una red de tuberías principales que llevan el agua hasta los hidrantes, que son las tomas de agua en la parcela.
- Una red de ramales de riego que conducen el agua hasta los emisores instalados en la parcela que se pretende regar.

- Dispositivos de aspersión o emisores, que son los elementos encargados de aplicar el agua en forma de lluvia. Estos dispositivos pueden ser tuberías perforadas, difusores fijos, toberas, boquillas o aspersores, entre otros.

a) Equipo de bombeo.

Las máquinas para el suministro de los líquidos se les denominan bombas, se definen como las máquinas destinadas para desplazar el líquido y aumentar su energía.

Las instalaciones de bombeo pueden ser fijas o móviles. Están movidas por motores diesel, eléctricos o por la toma de fuerza de un tractor. Se debe poner especial cuidado en la elección de la bomba, calcular adecuadamente la altura de elevación de misma y su punto de funcionamiento (caudal y altura de elevación), que debe encontrarse en la zona de máximo rendimiento, porque si se instala de forma incorrecta, se obtendrá el caudal de la bomba con baja eficiencia, y un alto consumo de energía.

Es conveniente que los elementos del bombeo se encuentren protegidos de los factores atmosféricos, para una mayor duración y un funcionamiento óptimo de los mismos.

b) Tuberías.

Las tuberías maestras o principales generalmente son fijas, aunque en ciertas ocasiones pueden ser móviles. Dichas tuberías por lo general van enterradas y se construyen de diferentes materiales como pueden ser fibrocemento, hierro y otros. En la actualidad se están empleando tuberías de PVC con diámetros menores, lo que facilita su montaje.

Tubería principal: Es la encargada de llevar el agua desde la estación de bombeo hasta la entrada del campo. Los diámetros suelen ser entre 6 y 12 pulgadas.

Tuberías secundarias: Son las encargadas de conducir el agua hasta la entrada en la parcela, generalmente son de aluminio o plásticas con diámetros entre 6 y 8 pulgadas.

Tubería lateral o alas móviles: Es la línea porta aspersores y está constituida por elementos ligeros, aluminio y material plástico principalmente. Son de dos tipos:

c) Hidrantes.

Las conexiones entre tuberías abastecedoras, las que generalmente están enterradas, y las alas de riego se efectúan mediante hidrantes.

Su función es la de permitir el paso del agua desde la tubería principal hacia las alas de riego.

d) Aspersores.

Sobre las tuberías van instalados los aspersores que son los aparatos que distribuyen el agua sobre el terreno.

Los aspersores normalmente utilizados son de dos tipos: chorro fijo y chorro rotativo. Los primeros, poco utilizados tiene un alcance relativamente pequeños, generalmente menor de 12 metros y pluviometrías altas.

Los segundos son los normalmente empleados en la agricultura y se subdividen en dos grandes grupos: aspersores de giro rápido y de giro lento. Los del primer grupo solo se utilizan en jardinería, en invernaderos, pequeñas parcelas, etc. Los del segundo grupo, giro lento, son los más empleados en el riego agrícola. Según la causa que produce el giro se clasifican en aspersores de reacción, de turbina y de choque (VÉLEZ MARCILLO, 2012).

2.2.5.3. Electroválvulas.

Las electroválvulas (Martin , 2009) son actuadores que permiten controlar eléctricamente circuitos de fluidos como el agua.

Se instalan en las conducciones de fluido y están controladas electrónicamente a través de un órgano de mando denominado bobina.

Figura 1. Diseño de electroválvulas



La principal característica de una electroválvula es la tensión de trabajo de su bobina. En el mercado existen electroválvulas que trabajan a 230 v de corriente alterna y, también, a 24 y 12 V, tanto en alterna como en continua.

Ejemplo de aplicación de electroválvulas:

- Cierre de la conducción de agua cuando se detecta una inundación.
- Apertura o cierre de un sistema de riego automático de forma programada.

2.2.6. Tecnología ZigBee.

ZigBee es un estándar que define un conjunto de protocolos para el armado de redes inalámbricas de corta distancia y baja velocidad de datos. Opera en las bandas de 868 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz y puede transferir datos hasta 250Kbps.

Este estándar fue desarrollado por la Alianza ZigBee, que tiene a cientos de compañías desde fabricantes de semiconductores y desarrolladores de software a constructores de equipos OEMs e instaladores. Esta organización sin fines de lucro nace en el año 2002. Desarrolla un protocolo que adopta al estándar IEEE 802.15.4 para sus 2 primeras capas, es decir la capa física (PHY) y la subcapa de acceso al medio (MAC) y agrega la capa de red y de aplicación (Dignani, Análisis del protocolo zigbee, 2011).

Un dispositivo ZigBee (Salgado, 2012) estaría formado por una radio según el estándar 802.15.4 conectada a un microcontrolador con la pila (stack) de ZigBee, donde se implementan las capas por encima de las del 802.15.4. Esta pila está diseñada para poder ser implementada en microcontroladores de 8 bits.

La idea de usar una conexión inalámbrica para controlar sensores y adquirir datos tiene muchos años. Existen numerosas soluciones propietarias usadas en domótica pero el gran inconveniente que tienen es la incompatibilidad entre sensores, controles y equipos de procesamiento de datos que obliga a hacer pasarelas (gateways) para interconectar dispositivos de diferentes marcas

El estándar ZigBee fue diseñado con las siguientes especificaciones:

- Ultra bajo consumo que permita usar equipos a batería.
- Bajo costo de dispositivos y de instalación y mantenimiento de ellos.

- Alcance corto (típico menor a 50 metros).
- Optimizado para ciclo efectivo de transmisión menor a 0.1 %
- Velocidad de transmisión menor que 250 kbps. Típica: menor que 20 kbps.

2.2.6.1. Aplicaciones de ZigBee

a) Automatización en el hogar

Es una de las aplicaciones más usadas de ZigBee ya que es muy fácil la instalación de dispositivos y la modificación de posición de los mismos. Los usos típicos son:

b) Seguridad

Sensores de movimiento, de rotura de cristales, apertura de puertas y ventanas. A pesar de su baja velocidad también se usa para transmitir imágenes de cámara de seguridad de baja calidad.

c) Lectura de instrumentos de servicios

Los medidores de consumo de agua, gas y energía eléctrica deben leerse en forma regular a efecto de facturar los servicios. Es posible crear una red tipo malla para que la información de los medidores llegue directamente a la empresa de servicio. También los medidores ZigBee podrían comunicarse con los artefactos dentro de la casa. Por ejemplo ante un pico de consumo eléctrico se podría desconectar algún equipo de alto consumo. ZigBee ayuda a la creación de medidores inteligentes; en algunos países el valor de los servicios se factura en función de la hora en que se produce. En una hora pico se factura la energía a un precio más alto.

d) Sistema de riego automático

El uso de un medidor de humedad de suelo permite mejorar la eficiencia del consumo de agua. Se puede distribuir una red de sensores de humedad en un parque de modo que solo se riegue las zonas secas y controlar el tiempo de regado. Una red inalámbrica de sensores facilita enormemente la instalación y el mantenimiento.

e) Control de iluminación

Para poder controlar el encendido de una lámpara se necesita un cableado a una llave interruptora en una caja de una pared. ZigBee simplifica la instalación de nuevas lámparas o controles en lugares donde no está la cañería para pasar un cable.

Si bien el costo de la conexión inalámbrica es más elevado que el convencional cableado, brinda otras ventajas además de la facilidad de instalación. Es posible conectar un controlador inteligente que encienda/apague luces de acuerdo a una programación, la detección de presencia de personas o algún otro criterio.

(Dignani, Análisis del protocolo zigbee, 2011) Detalla las principales características:

- Opera en las bandas libres ISM (Industrial, Scientific & Medical) de 2.4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (Estados Unidos).
- Tasa de transmisión de hasta 250 kbps en 2.4 GHz, 40kbps en 915MHz y 20 kbps en 868 MH.
- Utiliza un protocolo asíncrono, half duplex y estandarizado, permitiendo a productos de distintos fabricantes trabajar juntos.

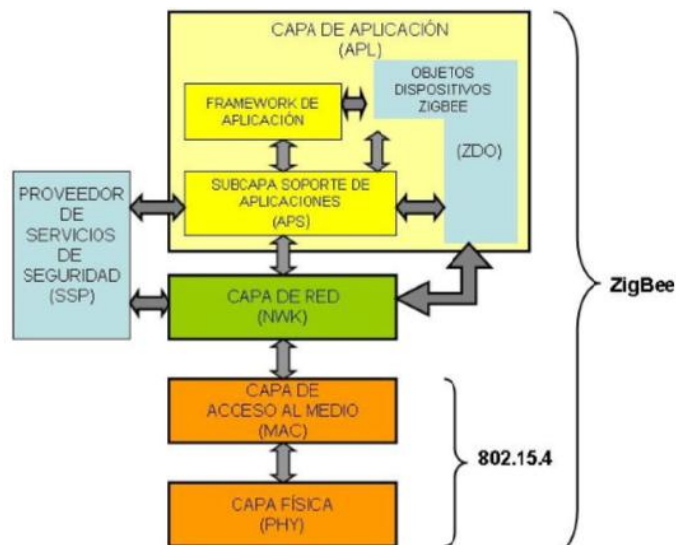
- Capacidad de operar en redes de gran densidad, esta característica ayuda a aumentar la confiabilidad de la comunicación, ya que entre más nodos existan dentro de una red, entonces, mayor número de rutas alternas existirán para garantizar que un paquete llegue a su destino.
- Velocidad de transmisión entre 25-250 kbps (debe emplearse en aplicaciones que no requieran alta transmisión de datos).
- Rango de cobertura de 10 a 75 metros.

2.2.6.2. Las capas del protocolo ZigBee

a) Relación con el modelo ISO/OSI

En la siguiente figura se muestran las capas del protocolo ZigBee. Estas se basan en el modelo de referencia ISO para interconexión de sistemas abiertos OSI. Este modelo cuenta con 7 capas pero ZigBee usa solo 4 capas con el objeto de simplificar la arquitectura para el armado de una red de baja tasa de transmisión, simple y de bajo consumo. Las 2 capas inferiores, o sea la capa física (PHY) y la capa de acceso al medio (MAC) son las definidas por el Standard IEEE 802.15.4. Las capas de red (NWK) y de aplicación (APL) se definen en ZigBee. Cada capa se conecta con las capas adyacentes por medio de un SAP (Service Access Point). Un SAP es un lugar por donde una capa superior requiere un servicio a una capa inferior.

Figura 2. Capas protocolo ZigBee



b) La capa Física

Corresponde a IEEE 802.15.4. Además de definir las funciones y la relación con la capa MAC, define aspectos como la potencia del transmisor y la sensibilidad del receptor.

En la primera versión de 802.15.4 se definían canales y cada uno de ellos representaba una frecuencia. Aparecía un límite de 27 canales con 1 en la banda de 868MHz, 10 en la banda de 915MHz y 16 en la banda de 2.4GHz. En la versión IEEE 802.15.4 de 2006 se introduce el concepto de página para permitir la incorporación de nuevas formas de tecnologías a la capa física. En la figura siguiente se muestra la asignación de canales.

Figura 3. Asignación de canales de la capa física

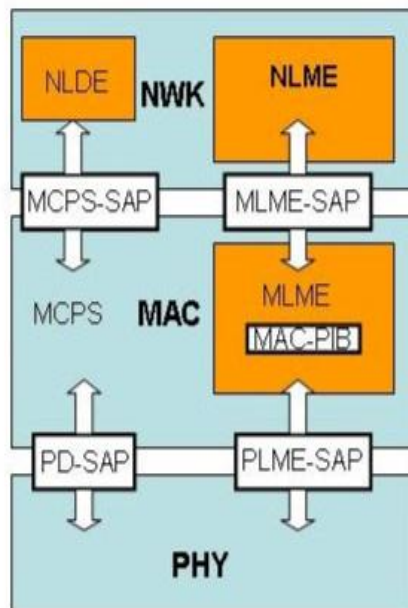
Nº de página	Nº de Canal	Descripción
0	0	868 MHz. (BPSK)
	1-10	915 MHz (BPSK)
	11-26	2.4 GHz (O-QPSK)
1	0	868 MHz (ASK)
	1-10	915 MHz (ASK)
	11-26	Reservado
2	0	868 MHz (O-QPSK)
	1-10	915 MHz (O-QPSK)
	11-26	Reservado
3-31	Reservado	Reservado

c) La capa MAC de 802.15.4

La capa MAC provee una interface entre la capa física y la próxima capa sobre la de MAC que en el caso de ZigBee es la de red. Como se dijo antes, el protocolo IEEE802.15.4 se compone de las especificaciones para PHY y MAC y por lo tanto la capa que sigue puede ser cualquiera de acuerdo al protocolo usado. En este trabajo se estudian los servicios de MAC en relación a la capa de red de ZigBee.

En la siguiente figura se ve el modelo de referencia con la subcapa MAC entre PHY y NWK. Aparece al igual que en otras capas 2 partes: una entidad de manejo de la capa MAC (MLME) que es la encargada de manejar los servicios y una unidad de datos. La MLME interactúa con sus vecinas NLME y PLME por medio de las SAP. La MAC tiene su propia base de datos llamada MAC-PIB. Todas las constantes y atributos están definidos en el estándar IEEE 802.15.4

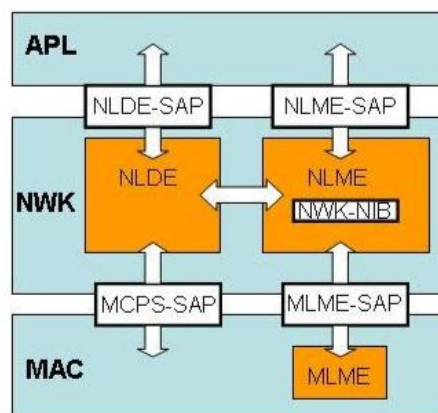
Figura 4. Modelo de referencia de la capa MAC



d) La capa de Red ZigBee

La capa de red provee a Zigbee funciones para el armado y manejo de redes y una interfaz simple para relacionarla con las aplicaciones de los usuarios. Al igual que las otras capas provee 2 tipos de servicios: de datos a través de la NLDE y de control o manejo por medio de la NLME. Cada una de estas entidades se comunica con sus homólogas en las capas MAC y APL por medio de los respectivos puntos de acceso (SAP). La capa de red tiene sus propios atributos y constantes que se guardan en una base de datos (NIB) dentro del NLME. A continuación se observa la relación de la capa de red con sus vecinas.

Figura 5. Relaciones de la Capa de Red



La capa de red del coordinador asigna direcciones de 16 bits a cada miembro de la PAN. Esa dirección asignada NTW debe ser idéntica a la dirección corta (16 bits) de la MAC 802.15.4. Cada trama de red lleva un parámetro llamado radio que indica la cantidad de saltos máximos que esta puede llegar a realizar. Este parámetro se va decrementando en uno en cada salto. Cuando llega a cero, esa trama no será retransmitida a otro dispositivo. Existen 3 tipos de comunicación de mensajes: broadcast, multicast y unicast: Un mensaje tipo broadcast tiene como destino a todo dispositivo que lo pueda recibir. Un mensaje multicast se envía solo a un grupo de dispositivos. Un mensaje unicast contiene la dirección de un único dispositivo.

2.2.6.3. Tipos de nodos ZigBee

Especifica 3 tipos de nodos que pueden estar en una red: coordinador, ruteador y dispositivo final.

a) Coordinador: Es obligatoria la presencia de uno y solo un nodo coordinador dentro de la red. Actúa como nodo raíz en la topología árbol y es responsable de:

- Arranque de la red.

- Configuración de los parámetros de red.
- Admisión de nodos a la red.
- Asignación de direcciones de red.

El coordinador requiere de un dispositivo de función completa (FFD) ya que necesita más potencia de cómputo. También es importante que la fuente de alimentación sea permanente y segura ya que este dispositivo nunca entrará en modo “dormir”.

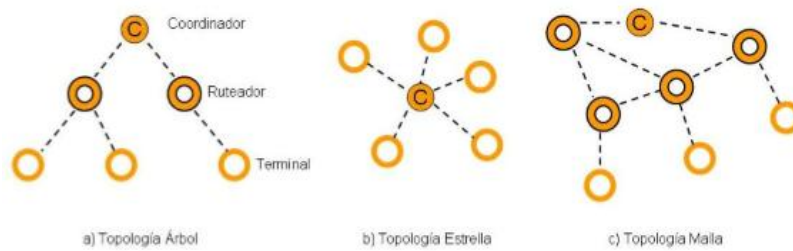
b) Ruteador: Es un nodo de tipo FFD pero que no es el coordinador. La utilidad de éstos es para extender la cobertura de la red y para aumentar la confiabilidad con la creación de rutas adicionales de datos.

c) Dispositivo final: Estos nodos se comunican con un nodo ruteador o un nodo coordinador. Estos nodos tienen menos potencia de cómputo y usualmente son alimentados a batería. Son dispositivos de funcionalidad reducida (RFD) según el estándar IEEE 802.15.4.

2.2.6.4. Topologías

ZigBee usa las topologías de IEEE 802.15.4 (Dignani, Análisis del protocolo zigbee, 2011) para transferencia de datos y agrega las topologías de árbol y de malla. Debido al poco alcance de cada nodo, frecuentemente un paquete debe ser retransmitido varias veces por intermedio de ruteadores. Lo destacable es que el ruteo en cualquier topología usada se hace en la capa de red y entonces no es necesaria ninguna programación adicional en la capa de aplicación. En la Figura 6 aparecen las topologías estrella, árbol y malla

Figura 6. Topologías de Red



a) Topología estrella

Es la más sencilla. Corresponde a la topología estrella de la IEEE 802.15.4.

Principales características:

- Un coordinador con uno o varios nodos hijos.
- El rango de la red está limitado al rango de transmisión del coordinador.
- La red es fácil de configurar.
- El coordinador es el único nodo que rutea paquetes.

Es un caso especial de la topología árbol. Es un árbol con profundidad máxima 1.

b) Topología malla

Es una extensión de la topología de comunicación entre pares (peer to peer).

Características:

- Los nodos ruteadores pueden tener nodos hijos.

- Hay comunicación directa entre dos nodos FFD siempre que estén separados a una distancia menor al rango de transmisión entre ellos.
- Los nodos terminales solo pueden intercambiar datos con sus respectivos nodos padres.
- Es posible el ruteo dinámico. El mejor paso es una optimización de gasto energético, tiempo, seguridad y confiabilidad.

c) Topología árbol

A continuación se detallan las características más importantes:

- Los nodos ruteadores pueden tener nodos hijos.
- Hay comunicación directa solo a través de la relación padre-hijo.
- Ruteo jerárquico con un único camino posible entre 2 nodos

Relación padre-hijo. Los ruteadores y dispositivos finales se asocian con nodos presentes en la red. El nodo hijo es el que recientemente ha entrado en la red. El nodo padre es el nodo que le ha dado al hijo acceso a la red

Propiedades de la relación padre-hijo. Las propiedades más importantes son:

- Solo pueden ser padres el nodo coordinador o los nodos ruteadores.
- En cada momento el nodo hijo tiene solo un padre.
- Un hijo puede cambiar de padre.

- La jerarquía ZigBee puede interpretarse como un árbol en donde el coordinador es la raíz y los nodos finales son las hojas.

Mecanismos de ruteo. En el algoritmo implementado en la capa de red hay un balance entre costo por unidad, gasto de batería, complejidad de implementación para lograr una relación costo desempeño adecuada a la aplicación. Un algoritmo muy utilizado por su simplicidad y bajo requerimiento de procesamiento es el AODV (Ad hoc On-Demand distance Vector). En AODV los nodos mantienen una tabla de ruteo para los destinos conocidos. En el comienzo esta tabla la integran sus vecinos. Solo se agrandará la tabla cuando aparezca algún nodo con camino desconocido. En este caso se envía mensajes de descubrimiento que se propagan entre los nodos hasta llegar al destino. Desde el destino se inicia el camino inverso hasta llegar al nodo origen. Todos los nodos actualizarán sus tablas (Dignani, Análisis del protocolo zigbee, 2011).

2.2.7. Módulos XBEE.

(MCI Electronics, 2013) Una buena forma de agregar conectividad inalámbrica ZigBee a un proyecto es utilizando los módulos Xbee de MaxStream. Los módulos Xbee proveen 2 formas amigables de comunicación: Transmisión serial transparente (modo AT) y el modo API que provee muchas ventajas. Los módulos Xbee pueden ser configurados desde el PC utilizando el programa XCTU o bien desde tu microcontrolador. Los Xbee pueden comunicarse en arquitecturas punto a punto, punto a multi punto o en una red mesh.

Figura 7. Dispositivo XBee.



Los módulos Xbee pueden ser usados con los adaptadores Xbee Explorer Serial o Xbee Explorer USB. Aquellos microcontroladores que trabajan con 5V necesitarán de una interfaz (Xbee regulated) para comunicarse con los módulos XBee.

2.2.7.1. XBee-PRO 802.15.4

El módulo XBee-PRO 802.15.4 (Caprile, 2008) presenta una potencia de salida de 60mW (18dBm), y la sensibilidad del receptor es de -100dBm. Esto le permite operar a más de 1km en espacios abiertos, y hasta 300m en espacios urbanos.

Características principales.

La característica fundamental que destaca a los productos MaxStream es la sensibilidad de sus receptores. En vez de elevar la potencia del transmisor, con el consabido aumento de consumo, para lograr mayor alcance, los productos MaxStream incorporan receptores más sensibles, lo que les permite lograr un mayor alcance que otros productos similares, manteniendo un consumo reducido.

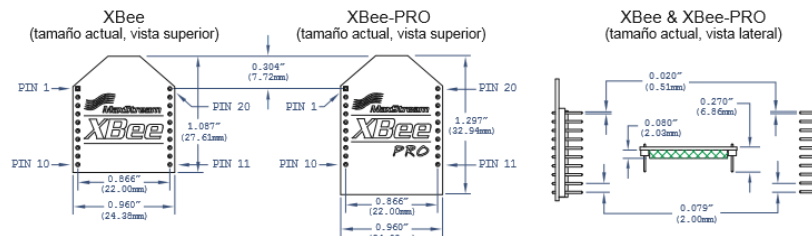
La corriente de operación de estos dispositivos ronda los 50mA, tanto para transmisión (215mA a máxima potencia para el XBee-PRO 802.15.4) como para recepción, mientras que en el modo de bajo consumo se reduce a tan solo 10uA. La tensión de operación es 3 a 3,3V.

Figura 8. Especificaciones de Xbee.

Especificaciones		XBee-PRO 
Rendimiento	Alcance en ambientes interiores/zonas urbanas	hasta 300' (100 m)
	Alcance de RF en Línea de Visión para ambientes exteriores	hasta 4000' (1200 m)
	Potencia de Salida en Transmisión	60 mW (18 dBm), 100 mW EIRP
	Régimen RF de datos	250,000 bps
	Sensibilidad del Receptor	-100 dBm (1% PER)
Requerimientos de Potencia	Suministro de Voltaje	2.8 – 3.4 V
	Corriente de Transmisión (típico)	270 mA @ 3.3 V
	Corriente de Recepción (típico)	55 mA @ 3.3 V
	Corriente Power-Down	< 10 μ A
Información General	Frecuencia	ISM 2.4 GHz
	Dimensiones	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
	Temperatura de Operación	-40 to 85° C (industrial)
	Opciones de Antena	Conector U.FL, Antena Chip, o alambre de antena
Trabajo en Red y Seguridad	Topologías permitidas en la Red	Punto a Punto, Punto a Multipunto, Igual a Igual y Mesh
	Número de Canales	12 Canales de Secuencia Directa (software seleccionable)
	Capas de Filtración de la Red	PAN ID & Direcciones 64-bit
Aprobaciones de la Agencia	FCC Parte 15.247	OUR-XBEEPRO
	Industry Canada (IC)	4214A-XBEEPRO
	Europe	ETSI

(MaxStream, 2005) Los módulos tienen 6 convertidores análogo-digital y 8 entradas digitales además de Rx yTx. Trabajan a 2.4 GHz y generan una red propia a la que puedes conectarte o desconectarte. Entre otras características a tener en cuenta hay que decir que son módulos microprocesados con lo cual tienes solucionados los problemas de fallo de trama, ruidos, etc. Los módulos, se comunican con un dispositivo RS232 a niveles TTL con lo cual la comunicación necesita un adaptador intermedio en el caso de un PC, pero pueden conectarse directamente a una placa de desarrollo.

Figura 9. Diagrama de Pines del XBee.



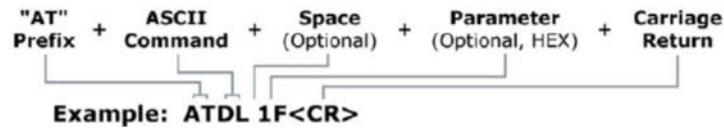
2.2.7.2. Configuración de los Módulos

a) Modo de Comando.

(MaxStream, 2005) Este modo permite ingresar comandos AT al módulo Xbee, para configurar, ajustar o modificar parámetros. Permite ajustar parámetros como la dirección propia o la de destino, así como su modo de operación entre otras cosas. Para poder ingresar los comandos AT es necesario utilizar el Hyperterminal de Windows, el programa X-CTU o algún microcontrolador que maneje UART y tenga los comandos guardados en memoria o los adquiera de alguna otra forma.

Para ingresar a este modo se debe esperar un tiempo dado por el comando GT (Guard Time, por defecto $ATGT=0x3E8$ que equivalen a 1000ms) luego ingresar +++ y luego esperar otro tiempo GT. Como respuesta el módulo entregará un OK. El módulo Xbee viene por defecto con una velocidad de 9600bps. En caso de no poder ingresar al modo de comandos, es posible que sea debido a la diferencia de velocidades entre el módulo y la interfaz que se comunica vía serial.

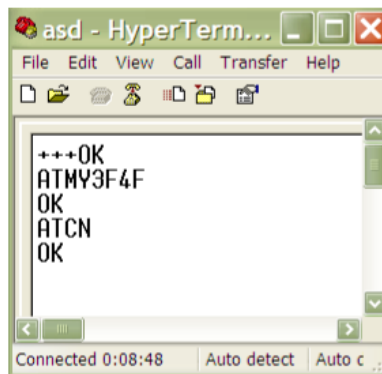
Figura 10. Esquema de comando AT.



En la Figura se observa la sintaxis de un comando AT. Luego de ingresar a este modo, se debe ingresar el comando deseado para ajustar los parámetros del módulo XBEE. La lista de comandos se encuentra en las siguientes secciones.

Por ejemplo si se desea modificar la dirección de origen del módulo de 16-bit (con el comando MY), se debe ingresar:

Figura 11. Sintaxis de comandos AT

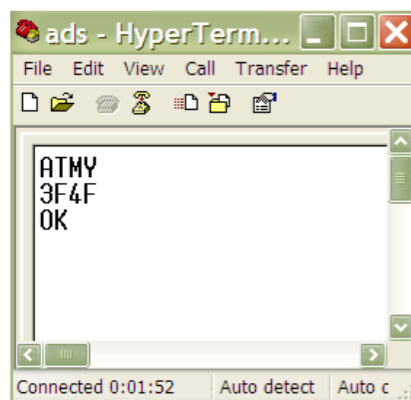


En el ejemplo anterior, la dirección asignada equivale a 0x3F4F. Se observa que primero se ingresa al modo de comandos AT, recibiendo un OK de respuesta. Luego se ingresa el comando ATMY3F4F y se presiona ENTER o carácter <CR><LF> (Carrier Return y Line Feed) si se maneja desde un microcontrolador. Con ello se recibe un <CR><LF>OK<CR><LF> como respuesta.

Para salir del modo de Comandos se ingresa ATCN y se presiona ENTER. En caso de que no se ingrese ningún comando AT válido durante el tiempo determinado por CT (Command Mode Timeout), el módulo se saldrá automáticamente. Para que los cambios realizados tengan efecto se debe ingresar ATCN (sale del modo de comandos) o ATAC (aplica los cambios inmediatamente). Con el comando ATWR, se guardan los cambios en la memoria no volátil del módulo, pero sólo tendrán efecto una vez ingresado el comando AC o CN. (MaxStream, 2005).

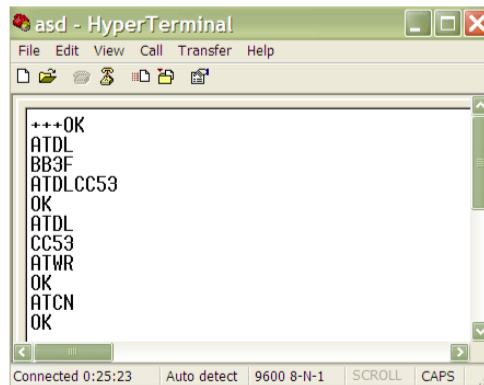
Para consultar por algún comando se ingresa el comando directamente sin ningún parámetro, en el ejemplo anterior se ingresaría ATMY. La siguiente figura muestra lo anterior:

Figura 12. Sintaxis de comandos ATMY



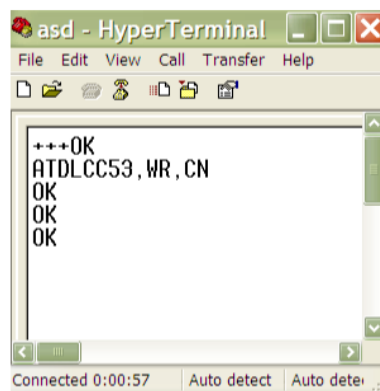
Se observa que se ingresa ATMY, donde el que módulo responde con un 3F4F, que es la dirección que tiene configurada, y luego con un OK. Otra forma de configurar el módulo por comandos AT, es ingresando varios comandos separados por coma (`,`). Esto se muestra a continuación de las dos formas:

Figura 13. Sintaxis de comandos (+++)



Se observa que luego de ingresar al modo de Comandos (+++), se pregunta por la dirección de destino (ATDL), para lo cual se tiene como respuesta la dirección 0xBB3F. Con ello se modifica esta dirección por 0xCC53 ingresando ATDLCC53, obteniendo un OK como respuesta. Se confirma el correcto ajuste preguntando nuevamente y luego se guarda la configuración en la memoria no volátil del módulo usando ATWR, para lo cual se vuelve a obtener un OK. Posteriormente se saldrá del modo de comando utilizando ATCN obteniendo otro OK. Otra forma de hacer lo mismo se muestra en la siguiente figura:

Figura 14. Sintaxis de comandos ATDL



Se observa que luego de ingresar al modo de comandos, se ingresa ATDLCC35, WR, CN que indica que se ingresarán tres comandos en uno, y

éstos serán ATDLCC35, ATWR y ATCN. Luego se obtendrá la respuesta para cada comando en el mismo orden en que fueron ingresados.

Además de los modos anteriores, existen otros modos referentes a lo que son la forma de transmitir la información. Estos modos son: Modo Transparente y Modo API.

b) Modo Transparente

(MaxStream, 2005) En este modo todo lo que ingresa por el pin 3 (Data in), es guardado en el buffer de entrada y luego transmitido y todo lo que ingresa como paquete RF, es guardado en el buffer de salida y luego enviado por el pin 2 (Data out). El modo Transparente viene por defecto en los módulos Xbee. Este modo está destinado principalmente a la comunicación punto a punto, donde no es necesario ningún tipo de control. También se usa para reemplazar alguna conexión serial por cable, ya que es la configuración más sencilla posible y no requiere una mayor configuración. En este modo, la información es recibida por el pin 3 del módulo Xbee, y guardada en el buffer de entrada. Dependiendo de cómo se configure el comando RO, se puede transmitir la información apenas llegue un carácter (RO=0) o después de un tiempo dado sin recibir ningún carácter serial por el pin 3. En ese momento, se toma lo que se tenga en el buffer de entrada, se empaqueta, es decir, se integra a un paquete RF, y se transmite. Otra condición que puede cumplirse para la transmisión es cuando el buffer de entrada se llena, esto es, más de 100 bytes de información.

c) Modo de operación API

(MaxStream, 2005) Este modo es más complejo, pero permite el uso de frames con cabeceras que aseguran la entrega de los datos, al estilo TCP. Extiende el nivel en el cual la aplicación del cliente, puede interactuar con las capacidades de red del módulo.

Cuando el módulo XBEE se encuentra en este modo, toda la información que entra y sale, es empaquetada en frames, que definen operaciones y eventos dentro del módulo.

Así, un Frame de Transmisión de Información (información recibida por el pin 3 o DIN) incluye:

- Frame de información RF transmitida.
- Frame de comandos (equivalente a comandos AT).
- Mientras que un Frame de Recepción de Información incluye:
 - Frame de información RF recibida.
 - Comando de respuesta.
 - Notificaciones de eventos como Reset, Associate, Disassociate, etc.

Esta API, provee alternativas para la configuración del módulo y ruteo de la información en la capa de aplicación del cliente. Un cliente puede enviar información al módulo Xbee. Estos datos serán contenidos en un frame cuya cabecera tendrá información útil referente el módulo. Esta información además se podrá configurar, esto es, en vez de estar usando el modo de comandos para modificar las direcciones, la API lo realiza automáticamente.

d) IDLE

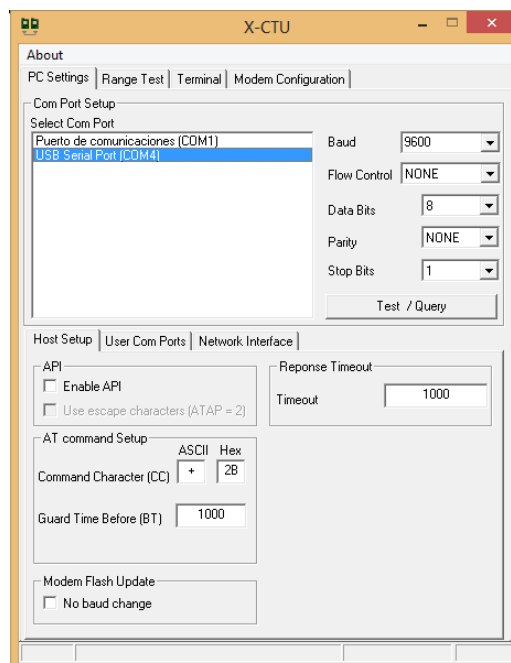
(MaxStream, 2005) Cuando el módulo no se está en ninguno de los otros modos, se encuentra en éste. Es decir, si no está ni transmitiendo ni recibiendo, ni ahorrando energía ni en el modo de comandos, entonces se dice que se encuentra en un estado al que se le llama IDLE.

2.2.7.3. Software X-CTU para comandos.

Según (MaxStream, 2005) es posible utilizar Hyperteminal de Windows para configurar un módulo XBEE, existe un programa llamado X-CTU, el cual permite realizar estas operaciones de manera más natural, fácil y rápida.

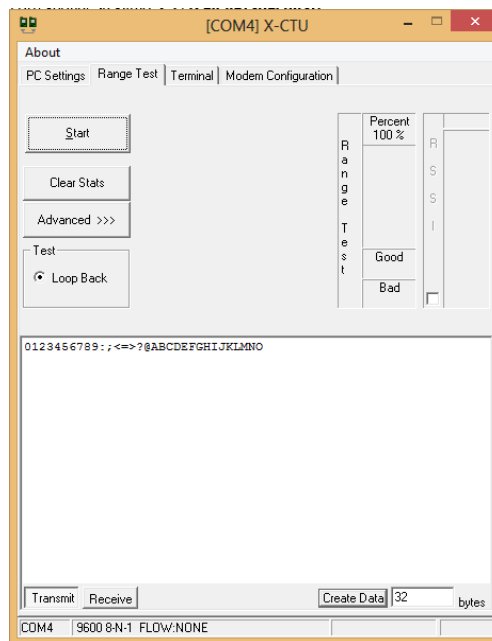
El ejecutable se puede encontrar en la página de MCI ingeniería o en la página oficial de XBEE6. En correr el programa se ve lo siguiente:

Figura 15. Pestaña PC Settings del programa X-CTU



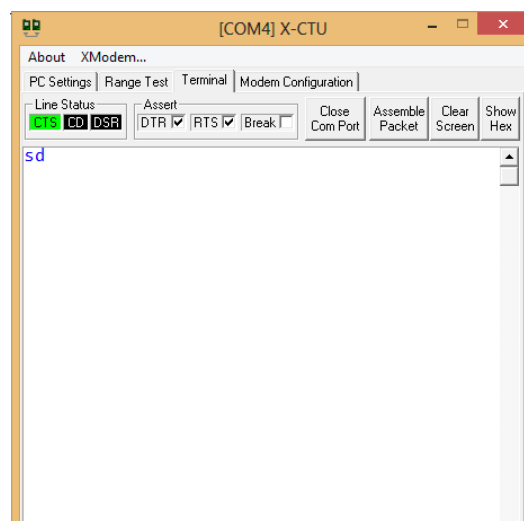
En la pestaña llamada PC Settings es posible configurar el número y la velocidad del puerto serial, así como la paridad, entre otras cosas. Además permite configurar opciones más generales para los comandos AT, como el signo elegido para salir del modo de comandos, que por defecto corresponde al signo + (2B en hexadecimal).

Figura 16. Pestaña Range Test del programa X-CTU



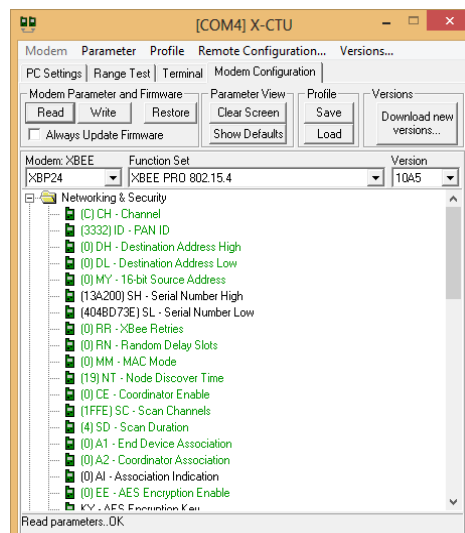
En la pestaña Range Test, es posible enviar una cadena de datos de cualquier tipo para probar el rango de alcance de la señal. Esto genera automáticamente datos y los envía por el módulo, de tal forma que permite verificar cuales datos llegan buenos y cuales no y a partir de esa estadística determinar el rango o alcance de la señal. (MaxStream, 2005).

Figura 17. Pestaña Terminal del programa X-CTU



En la pestaña de Terminal, el funcionamiento es idéntico al del Hyperterminal. Todo lo escrito aquí, entre directamente al módulo como si estuviera en el modo de comandos.

Figura 18. Pestaña Modem Configuration del programa X-CTU

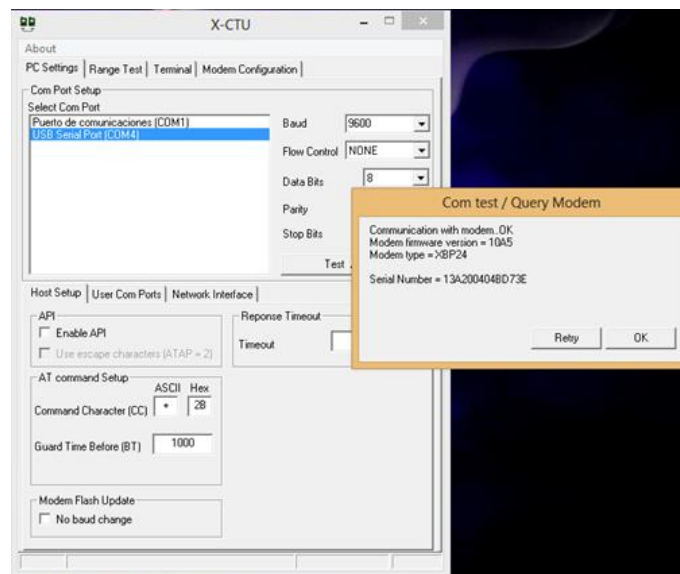


Esta pestaña de MODEM Configuration, permite leer, guardar o cargar cierta configuración predeterminada. Permite ver cómo está configurado cada módem.

2.2.7.4. Usando X-CTU.

(Oyarce, 2010) La ventaja de usar este programa, es la sencillez para manejar varios módulos o lo simple que es configurarlos. Primero se inicializa el programa X-CTU. Luego en la pestaña inicial de PC Settings, se configura la velocidad, la paridad y el Control de flujo según lo deseado. Para verificar presionar el botón que dice TEST y si la comunicación está bien aparecerá la siguiente ventana con la información del modelo del módem XBEE que se usa y la versión del Firmware.

Figura 19. Conectando con el puerto COM



Si nos sale otro texto como "Unable to open com port" le cambiaremos el valor a la casilla "Baud" aunque el valor configurado de fábrica es "9600" pero tenemos que ir probando.

Después de efectuar todo esto ya tendremos añadido el usb para poder configurar el módulo XBee.

Existen dos formas de realizar la configuración de nuestros nodos:

- Terminal.
- Modem Configuration.

(Oyarce, 2010). Si utilizamos la configuración a través de "Terminal" debemos escribir +++ antes de escribir cualquier comando, tal y como se muestra en la imagen de abajo. Los comandos que vamos a utilizar para la configuración de nuestro nodo son:

ATRE: restaura los valores predeterminados de fábrica antes de realizar cualquier modificación.

ATAP*: configuración de la API de XBee. Colocar el número que tiene la API de Xbee.

ATCE1: configuración del módulo XBee en modo Coordinador.

ATMY*: dirección del módulo XBee en modo Coordinador.

ATID*: ID de la conexión que vamos a crear entre nuestros módulos XBee. El valor de * en nuestro caso es 3332.

ATCH*: Canal por el cual los módulos XBee se van a conectar. El valor de * en nuestro caso será C. (ATCHC)

ATWR: escribe una nueva configuración en la memoria no volátil. Si no se escribiese este comando, las modificaciones realizadas solo durarían hasta que el módulo se quede sin batería.

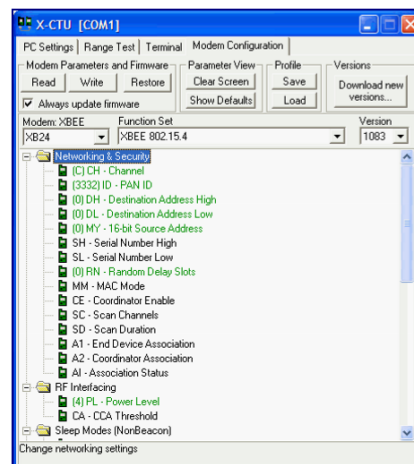
ATFR: reinicia el módulo XBee.

Figura 20. Lee los datos recibidos por el puerto



(Ayuso, 2010). Si realizamos la configuración a través de "Modem Configuration" buscamos los nombres, por ejemplo, si queremos configurar el canal por el cual los módulos XBee se van a conectar, tendríamos que buscar CH - Channel y poner el canal 3332 descrito anteriormente. Para escribir en la memoria no volátil tendríamos que pulsar el botón "Write".

Figura 21. Lee la configuración guardada del XBee.



2.2.8. ¿Qué es un microcontrolador?

(Reyes, 2008) Define a un microcontrolador como un circuito integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, esto es CPU, memorias RAM, EEPROM, y circuitos de entrada y salida.

2.2.9. Sensores de humedad

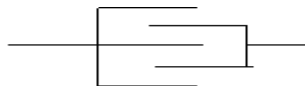
(Reyes, 2008). Se basan en que el agua no es un material aislante como el aire sino que tiene una conductividad eléctrica; por esa razón el Reglamento de Baja Tensión prohíbe la presencia de tomas de corriente próxima a la bañera.

Figura 22. Sensor de humedad



Por lo tanto un par de cables eléctricos desnudos (sin cinta aislante recubriéndolos) van a conducir una pequeña cantidad de corriente si el ambiente es húmedo; si colocamos un transistor en zona activa que amplifique esta corriente tenemos un detector de humedad.

Se representan con este símbolo:



Los sensores de humedad se aplican para detectar el nivel de líquido en un depósito, o en sistemas de riego de jardines para detectar cuándo las plantas necesitan riego y cuándo no.

Características del sensor de humedad DF000202

- Modelo: DF00020
- Fuente de alimentación: 3,3 V o 5 V
- Salida de la señal de voltaje: 0 ~ 4.2v
- Corriente: 35mA
- Conexionado: Rojo VCC, Negro GND, Azul salida
- Tamaño: 60x20x5mm.

2.2.10. Encuestas.

(González Castellanos, Yll Lavín, & Curiel Lorenzo, 2003) La encuesta es la técnica que utiliza como instrumento un cuestionario impreso, destinado a obtener respuestas sobre el problema en estudio y que el investigador o consultado llena por sí mismo. Es un instrumento consistente en una serie de preguntas a las que contesta el mismo encuestado, por lo que este documento escrito es realizado sin la intervención del investigador.

2.2.10.1. Condiciones en tener en cuenta en la aplicación de la encuesta.

a) Al prepararla.

- Definir con precisión el asunto que se va a investigar y los objetivos de la encuesta.
- Elaborar un listado de los aspectos que se van a preguntar.
- Elaborar las preguntas o alternativas.
- Elaborar las instrucciones para que el encuestado sepa cómo llenar el cuestionario.
- En lo posible, probar el cuestionario para establecer su validez y confiabilidad.
- No exceder el número de preguntas

b) Al redactar el cuestionario.

- Utilizar un lenguaje claro y sencillo, de construcción directa y adecuada al nivel mental y cultural de las personas que van a contestarlo.

- Ir de lo fácil a lo difícil, de lo simple a lo complejo, en las preguntas.
- Evitar las contradicciones.
- Utilizar una pregunta para cada asunto; no preguntar dos o más cosas en una sola pregunta.
- Evitar la doble negación.
- Evitar las presunciones o suposiciones.
- Dejar suficiente espacio para las contestaciones.

2.2.10.2. Tipos de preguntas

(Leiva Zea, 2002) Las preguntas de un cuestionario pueden ser de varios tipos; el investigador debe seleccionar los más convenientes, de acuerdo con la naturaleza de la investigación.

Clasificación de acuerdo con su forma.

- Preguntas abiertas
- Preguntas cerradas.
- Clasificación de acuerdo con el fondo:
 - Preguntas de hecho
 - Preguntas de acción.
 - Preguntas de intención.

- Preguntas de opinión.
- Preguntas índices o preguntas-test.

2.2.11. Entrevista.

(González Castellanos, Yll Lavín, & Curiel Lorenzo, 2003) La entrevista es la técnica de comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto. Son encuestas con estructura más libre, contempla los asuntos que el entrevistador debe averiguar con sus instrucciones. Esta técnica es útil en distintos momentos de la investigación, fundamentalmente al inicio, cuando el investigador realiza entrevistas para efectuar una exploración preliminar del fenómeno estudiado.

La realización de la entrevista supone la elaboración de un plan determinado en el que se incluyen los aspectos que habrán de tratarse, así como una guía de preguntas ajustadas al plan.

¿Cuándo debe emplearse una entrevista?

- (Leiva Zea, 2002) Cuando se considera necesario que exista interacción y diálogo entre el investigador y la persona que es fuente de información, especialmente cuando se trata de personas cuyas opiniones o criterios interesan para la investigación.
- (Leiva Zea, 2002) Cuando la población o universo es pequeño y manejable o cuando se trata de personas que constituyen una muestra representativa.

Característica de la entrevista.

- (Leiva Zea, 2002) Debe ser debida y oportunamente planificada. Salvo casos excepcionales, no debe improvisarse una entrevista incluida en una investigación.
- (Leiva Zea, 2002) Cuando se entreviste a varias personas sobre un mismo tema o asunto, la entrevista tiene que ser estandarizada, es decir que todos deben responder a las mismas preguntas. Esto facilita tabular los datos obtenidos y extraer las conclusiones debidas.

Debe recordarse que a pocas personas les agrada ser entrevistados; por lo mismo, es mejor considerar que el entrevistado concede un favor al investigador y éste debe actuar en consecuencia

2.2.12. Observación

(Leiva Zea, 2002). Se afirma que la ciencia comienza con la observación y finalmente tiene que volver a ella para encontrar su validación final, de aquí la importancia que tiene la observación en la actividad científica. La observación es el registro visual de lo que ocurre en una situación real, clasificando y consignando los acontecimientos pertinentes de acuerdo con algún esquema previsto y según el problema que se estudia.

La realización de observaciones requiere de una preparación previa que garantice su eficacia y para ello se debe elaborar un plan en el cual se precisen los aspectos esenciales motivos de estudio, como son:

- Objeto de la observación
- Objetivo de la observación
- Tiempo total y frecuencia de las observaciones
- Cantidad de observaciones

- Tipo o tipos de observación que se utilizarán
- Definición o aspectos que han de observarse y los indicadores cualitativos para la valoración de los distintos aspectos.

La ventaja fundamental de la observación radica que el fenómeno se investiga directamente y se puede apreciar el proceso de su desarrollo.

2.2.13. Metodología de desarrollo.

(Rueda Chacón, 2006). La metodología RUP o Proceso Unificado Racional (Rational Unified Process), es la más utilizada para el análisis, implementación y documentación como proceso de desarrollo de software y al Lenguaje Unificado de Modelado UML.

- **Ciclo de vida de la metodología RUP.**

El ciclo de vida de la metodología RUP está dividido en 4 fases, en cada una de estas fases dependiendo del proyecto se debe realizar varias iteraciones.

Las 4 fases de la que se compone la metodología RUP son:

- a) Inicio
- b) Elaboración.
- c) Construcción
- d) Transición

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 (línea Base) de la arquitectura, abarcan más los flujos de trabajo de requisitos, modelado de negocios (refinamiento), análisis, diseño y una parte de la 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 selecciona algunos casos de uso, se refina su análisis y diseño y se procede a su implementación y pruebas. Se realiza una pequeña cascada para cada ciclo. Se realizan tantas 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 respectiva entrega a los usuarios.

- **Artefactos de la metodología RUP.**

(Rueda Chacón, 2006). En la presente investigación se realizará los siguientes artefactos que se listaran a continuación:

- a) Especificación de Requisitos
- b) Casos de uso
- c) Diagrama de caso de uso
- d) Diagrama de clases
- e) Diagramas de secuencia

2.3. Marco referencial

2.3.1. Sistema de riego inteligente

(Cereso, 2012). Un equipo de investigadores del Instituto de Automática desarrolló sensores de humedad que permiten el ahorro de agua y de energía. El conjunto de elementos electrónicos y software específico configura un sistema de control de riego inteligente que ya se está aplicando. Entre las utilidades del nuevo sistema se encuentran la posibilidad de extender el área de los cultivos y, al regular la humedad, la optimización de las propiedades finales del producto agrícola.

El equipo desarrollado por investigadores del Instituto de Automática (INAUT) de la Facultad de Ingeniería incluye sensores de humedad de suelo, electrónica y un software específico. A partir de éste crearon un sistema de control automático de riego para cultivos, una tecnología que aporta la posibilidad de optimizar y racionalizar el riego, lo que implica minimizar el uso de agua, recurso escaso en las zonas áridas de Argentina.

“El prototipo realiza un control de la cantidad de agua a utilizar en el riego a partir de parámetros establecidos por el productor o el agrónomo”, explica a InfoUniversidades el ingeniero Rogelio Fullana. Este sistema ya fue probado con éxito en distintos cultivos y en la actualidad se aplica en una finca de un departamento rural de San Juan, con plantaciones de tomate.

Beneficios

Entre los diversos beneficios que permite el sistema de riego automatizado se encuentra, en primer lugar, evitar el derroche de agua y extender la superficie de cultivos. También, ahorrar energía, ya que el hecho de medir la cantidad de humedad requerida por los cultivos permite al productor no excederse en el tiempo de utilización de bombas para el riego. Por otra parte, al permitir la

regulación de humedad, el sistema facilita el control sobre las características finales del producto agrícola.

“En San Juan y otras provincias el riego manual es un uso extendido; se riega con demasiada agua y su exceso es lo que genera problemas. El agua es un recurso escaso y se consume más de lo necesario; además, se produce el lavado del terreno, es decir, el agua pasa a las napas freáticas y el suelo pierde sus nutrientes”, describe Fullana. En función de los valores de humedad medidos por los sensores y por los parámetros agronómicos que recomiendan los expertos en la materia, el sistema con su software permite activar el riego por goteo o por aspersión, siempre con la premisa de utilizar sólo la cantidad de agua indispensable.

Para completar el sistema de riego, el Instituto de Informática de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan, desarrolló un software a través del cual el productor puede supervisar cómo funciona el riego a través de Internet.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Materiales y métodos

3.1.1. Equipos y Materiales

Los recursos necesarios para la investigación y desarrollo del sistema informático son los siguientes:

Tabla 1. Equipos, Materiales y Recursos Humanos

Cant.	Descripción	Características	V.U.	Total.
4	Módulos XBee Pro 60Mw 	Modelo Serie 1 (S1) fabricado por Digi (Maxstream). Alimentación: 3.3V @ 215mA Velocidad de transferencia: 250kbps Max Potencia de salida: 60mW (+18dBm) Alcance: 1500 metros aprox. Antena integrada 6 pines ADC de 10-bit 8 pines digitales IO Encriptación 128-bit Configuración local o de forma inalámbrica Comandos AT o API	\$60.00	\$240.00
3	Sensores de humedad. 	Modelo: DF00020 fuelle de alimentación: 3,3 V o 5 V salida de la señal de voltaje: 0 ~ 4.2v corriente: 35mA Conexionado: Rojo VCC, Negro GND, Azul salida Tamaño: 60x20x5mm	\$8.00	\$24.00
3	Placa Xbee Explorer regulada 	Fabricado por Digi (Maxstream). Regula la tensión de los módulos Xbee a 3.3V. Compatible con la serie 1 y 2.5, estándar y versiones Pro. Corriente de salida máximo de 150mA.	\$20.00	\$60.00

1	Adaptador USB o Dongles (Xbee) 	Módulo dongle de Sparkfun fabricado por Digi (Maxstream). Conexión al computador mediante USB-miniUSB Permite configurar los módulos Xbee.	\$25.00	\$25.00
1	Cable USB-miniUSB 	Marca: Azio Modelo: USB-10-AMB Tipo: USB a mini USB Longitud: 1 metro Color: Negro	\$5.00	\$5.00
1	Programador atmel Usb 	El USBasp es un programador de microcontroladores de atmel (atmegas), utiliza el puerto USB con la PC.	\$40.00	\$40.00
4	ATMEGA16A 	Fabricado por Atmel Organización de memoria Flash 16kx8bit Capacidad de memoria EEPROM 512B Capacidad de memoria SRAM 1024B Frecuencia de tictado 16MHz Cantidad de entradas/salidas 32 Cantidad de canales PWM 4 Cantidad de timers 8-bit 2 Cantidad de timers 16-bit 1 Montaje SMD Tensión de trabajo 2.7...5.5V	\$8	\$24
15	Resistencias 	Resistividad de 1k, 330h, 4.7k, 10k. Todas de ¼ watts	\$0.15	\$2.25
10	Diodos LED rojo. 	Voltaje: 1,5 y 5 V Corrientes del orden de los 20 mA Tamaño del encapsulado: 5mm	\$0.10	\$1.00

9	Diodos Zener 1N4007. 	Diodo rectificador de propósito general de 1000 Volts a 1 Amper.	\$0,15	\$2,25
1	Computadora. 	Computador para el desarrollo y pruebas del sistema. Core i3 2.0 Ghz. 2da. Generación. 4 GB. RAM 500 GB Disco Duro Cd RE-Writer.	\$750.00	\$750.00
Total hardware				1,173.50
Materiales para sistema de riego				
Cant.	Descripción	Características	V.U.	Total.
1	Bomba de agua. 	Modelo QB 60. Motor ½ HP Alimentación 220 VCA Monofasica. Altura máxima 20 Mts. Caudal Máximo 40 lts. x Min. – 2400 L/H Coneccion 1". Turbina de acero inoxidable. Protector térmico.	\$60.00	\$60.00
3	Electrovalvulas 	Rosca hembra BSP: 1" Empalme: 1" Regulador de caudal (FC) opcional Apertura manual con desagüe interior/externo Cuerpo y tapa de PVC resistente a los rayos UV. Presión de ejercicio: de 0,7 a 10 bar Solenoides 24 VCA / 50 Hz (24 VCA / 60 Hz, si se solicita). Absorción durante el arranque: 0,34 A Absorción durante el trabajo: 0,20 A	\$22.00	\$66.00

3	Aspersor 	El diseño de contrabalanceo produce un desempeño suave y estable. Tamaños de entradas M de 3/4" ó 1/2" NPT. Caudales: 0.78 a 6.97 gpm (177 a 1583 L/hr). Baja deriva por viento y baja pérdida por evaporación a bajas presiones.	\$6.20	\$18.60
34	Uniones. 	Uniones, codos y T para armar la red de tubería para el paso de agua.	\$0.71	\$24.47
65	Manguera de 1/2" 	Manguera de 1/2" para llevar el agua hacia los aspersores.	\$0.31	\$20,15
45	Manguera Negra 1" 	Manguera de 1" para las conexiones de agua desde el pozo a la bomba.	\$0.36	\$16.07
Total Materiales de riego				\$205.29
Software				
Cant.	Descripción	V.U.	Total.	
1	Microsoft Visual Studio 2012 express.	\$1,750.00	\$1,750.00	
1	Microsoft SQL Server Enterprise express 2012.	\$0.00	\$0.00	
1	ISIS 7 Proteus versión 7.8	\$431.00	\$431.00	
1	BASCOM AVR	\$29.95	\$29.95	
1	Microsoft Office 2010	\$45.00	\$45.00	
Total software				\$2,255.95
Herramientas				
Cant.	Descripción	V.U.	Total.	
1	Protoboard.	\$21.00	\$21.00	

1	Cautín	\$10.00	\$10.00
1	Rollo de estaño	\$6.00	\$6.00
1	Pasta de soldar	\$5.50	\$5.50
1	Juego de destornilladores (planos y estrellas)	\$7.50	\$7.50
2	Juego de cables para protoboard	\$6.50	\$13.00
1	Juego de pinzas	\$11.00	\$11.00
1	Regulador de voltaje de 3v-12v DC	\$9.50	\$9.50
1	Multímetro digital	\$27.00	\$27.00
1	1 Taladro pedestal pequeño	\$125.00	\$125.00
1	Brocas de 1mm	\$0.80	\$0.80
1	Cintas adhesivas	\$0.40	\$0.40
1	Lija fina	\$0.35	\$0.35
6	Placas para circuito impreso (PCB)	\$3.00	\$18.00
3	Papel Transfer Carta PRESS-N-PEEL	\$1.00	\$3.00
1	Agua oxigenada 110 Vol.	\$0.90	\$0.90
4	Tubos PVC 2 pulgadas	\$3.00	\$12.00
Total herramientas			\$423.45

SUMINISTROS				
CANT.	DESCRIPCIÓN	DETALLE	COSTO	TOTAL
5	Resmas de hojas A4.	Impresión de documentación del proyecto y reportes de pruebas.	\$3.75	\$18.75
2	Lápices.	Redacción.	\$0.75	\$1.50
2	Lapiceros.	Redacción.	\$1.25	\$2.50
1	Cuaderno académico de 100 hojas.	Redacción y notas varias.	\$3.80	\$3.80
2	Borradores.	Redacción.	\$0.45	\$0.90

1	Pendrive 16Gb.	Almacenamiento temporal de archivos.	\$31.36	\$31.36
Total suministros				\$58.81
RECURSOS HUMANOS				
CANT.	DESCRIPCIÓN	DETALLE	COSTO	TOTAL
5	Desarrollador (Gissela Vera).	5 meses de redacción, análisis, desarrollo y documentación del proyecto.	\$1,000.00	\$4,000.00
1	Instalación del sistema	2 días (8 horas diarias)	\$400	\$400
TOTAL				\$4,400.00
PRESUPUESTO TOTAL				8,458.19

Valores expresados en dólares americanos.

El agricultor que desee adoptar el sistema SARIEGO para el riego de sus cultivos, será el encargado de cubrir con los gastos de licencias para la implantación del sistema.

Al tratarse de un trabajo de graduación, el desarrollador no recibe remuneración extra.

Los gastos de suministros de oficina corren por parte del investigador.

3.2. Métodos de investigación

3.2.1. Método científico.

Método científico es el conjunto de procedimientos por los cuales:

- a) Se plantea los problemas científicos.
- b) Se ponen a prueba las hipótesis científicas.

Según definición de Mario Bunge (op. cit.).

Es decir que método científico es aquel del que se vale la ciencia para la investigación científica, para el descubrimiento de la verdad.

Otra definición muy apropiada por su definición es la de Arturo Ortiz (introducción a la investigación Socio-Económico), según el cual, el método científico es “El procedimiento ordenado y lógico seguido para descubrir los conocimientos verdaderos de una ciencia, o sea los medios científicos de que se vale el investigador para llegar a los fines demostrativos que se propuso inicialmente...”

Proceso del método científico.

(Francisco, 2001). Diseña lo que él llama “pauta de la investigación científica”, que resume “la variedad de habilidades y de informaciones que exige el tratamiento científico de los problemas...”

Las pautas anteriores contienen los pasos que se aplicaron en el desarrollo de este proyecto.

A. Planteo del problema.

- **Reconocimiento de los hechos:** examinar las actividades y procesos actuales de riego agrícola. Hacer una selección de los que probablemente sean más relevantes para el planteamiento del problema.
- **Descubrimiento del problema:** Hallar el principal problema que se presenta en el riego agrícola.
- **Formulación del problema:** Planteo de una pregunta que tiene la probabilidad de ser la correcta. ¿Cómo mejorar la eficiencia del consumo de agua destinada al riego agrícola?

B. Construcción de un modelo teórico.

- Selección de los factores pertinentes: Determinación de las variables pertinentes (independiente y dependiente).
- Invención de la o las hipótesis: Se formula la hipótesis de acuerdo a los hechos observados en el riego agrícola y en base a los nexos entre las variables.

C. Prueba de la hipótesis

- Diseño de la prueba: Se desarrolló un sistema de control de riego automático mediante red de sensores inalámbricos de humedad para poner a prueba las predicciones, realizar mediciones, y experimentos.
- Ejecución de la prueba: Implantación del sistema de riego y recolección de datos.
- Elaboración de datos: clasificación, análisis, evaluación de los datos proporcionados por el sistema.
- Inferencia de la conclusión: Interpretación de los datos obtenidos y comprobar si se cumplen los resultados esperados.

D. Introducción de las conclusiones en la teoría.

- Comparación de las conclusiones con las predicciones: contraste de los resultados de las pruebas del sistema implantado con la hipótesis planteada, precisando en qué medida ésta puede considerarse aceptada o rechazada.
- El ajuste del modelo: eventual corrección del modelo planteado o reemplazo total del mismo.

3.3. Diseño experimental

3.3.1. Cuasi-experimental

(Tamayo, 1999). Por medio de este tipo de investigación se puede aproximar a los resultados de una investigación experimental en situaciones en las que no es posible el control y manipulación absolutos de las variables.

Características:

- Es apropiada en situaciones naturales, en que no se pueden controlar todas las variables de importancia.
- Su diferencia con la investigación experimental es más bien de grado, debido a que no se satisfacen todas las exigencias de ésta, especialmente en cuanto se refiere al control de variables.

En la investigación cuasi-experimental se usa un grupo experimental y uno de control no equivalente (por el efecto de la no aleatorización). La diferencia entre el grupo experimental y el de control es que el grupo de control no recibe ningún tratamiento.

En la investigación cuasi-experimental se identifica la variable independiente y cuando esta es introducida mediante la letra **X**. La variable dependiente es designada con la letra **O**. Si existe una medida antes del tratamiento la denominaremos pretest, cuando la medida se realiza tras el tratamiento la denominamos posttest.

En estos diseños se desconoce el grado de equivalencia entre los grupos experimental y control. La medida pretest tiene una doble función, por un lado evalúa la equivalencia inicial entre los grupos, y por otro, evalúa la eficacia del tratamiento por su efecto en la variable dependiente.

Grupo experimental	O1	X	O2
Grupo control	O1		O2

Notación Cuasi-Experimental

En este trabajo de tesis se seleccionaron dos áreas distintas de terreno: una seguirá su ritmo habitual de riego (grupo de control), mientras que en la otra se implementará el sistema (grupo experimental). Se tomaron medidas de ambos grupos antes y después de aplicar el sistema.

Variable dependiente: Eficiencia del consumo de recursos hídricos.

X = Sistema con red inalámbrica de sensores de humedad.

O1 = Medición antes del experimento.

O2 = Medición después del experimento.

3.4. Técnicas de investigación.

3.4.1. Población

La población objeto de la investigación fue integrada por el personal que labora en los cultivos de la finca “El Paraíso”.

Tabla 2. Personal que labora en la finca “El paraíso”

POBLACIÓN	N° PERSONAS.
Administrador	1
Jornaleros	9
Total	10

Fuente: Administrador de la Finca

3.4.2. Muestra

Debido a que el tamaño de la población es pequeño, se tomó como muestra el total de la población.

3.4.3. Encuestas.

Esta técnica permitió obtener información de los empleados de la finca, mediante un cuestionario de preguntas, cuyas respuestas permitieron conocer los procesos que se llevan actualmente en el riego agrícola y las ideas para mejorar el mismo.

3.4.3.1. Resultados de Encuestas aplicadas al personal que realiza las labores de agricultura y riego.

La encuesta se aplicó a un total de 10 personas, las cuales son las encargadas de realizar las actividades de riego. El objetivo fue conocer su opinión y percepción en lo referente al manejo del agua para el riego y las actividades que realizan antes y después del riego.

Las preguntas y respuestas resultado de la encuesta son las siguientes:

- ¿Cuál es la disponibilidad de agua para el riego por turnos en la Finca El Paraíso?

Objetivo: Conocer la disponibilidad del agua que se usa para el riego.

Interpretación: De la muestra observada, el 80% de los empleados indicaron que la disponibilidad del agua es suficiente, el 20% indicaron que la disponibilidad de agua es insuficiente.

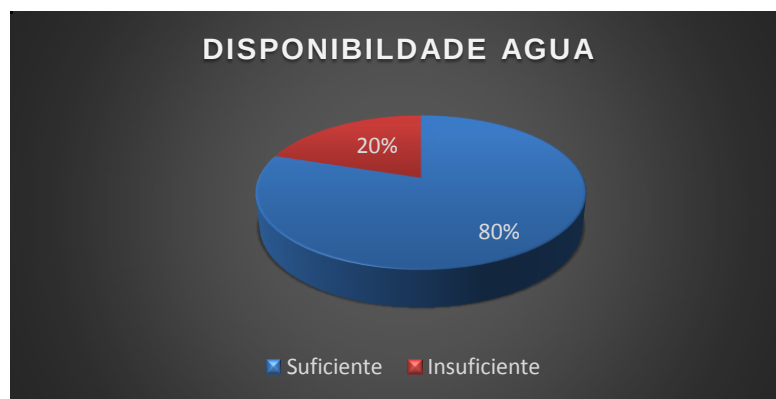
Tabla 3: ¿Cuál es la disponibilidad de agua para el riego por turnos en la Finca El Paraíso?

DETALLE	TOTAL	PORCENTAJE
Suficiente	8	80%
Insuficiente	2	20%
TOTAL	10	100%

Fuente: Encuestas realizadas en la finca El paraíso

Elaboración: Gissela Vera Cedeño

Figura 23. ¿Cuál es la disponibilidad de agua para el riego por turnos en la Finca El Paraíso?



- ¿Qué tipo de riego utilizan en la finca El Paraíso?

Objetivo: Conocer el tipo de riego que realizan en la finca.

Interpretación: De la muestra observada, el 100% de empleados indicaron que el tipo de riego que realizan es por aspersión

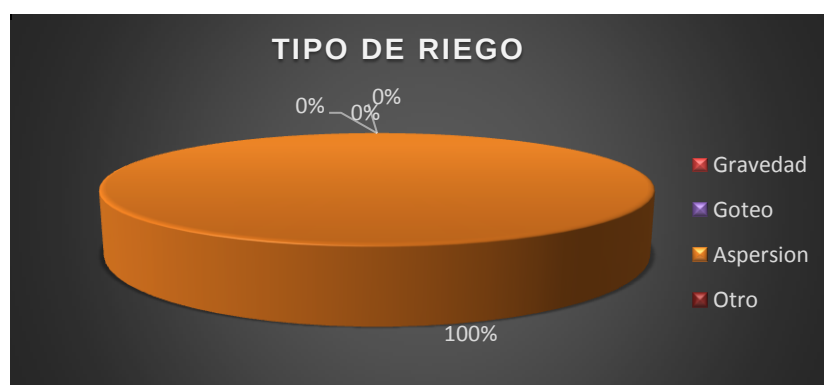
Tabla 4: ¿Qué tipo de riego utilizan en la finca El Paraíso?

DETALLE	TOTAL	PORCENTAJE
Gravedad	0	0%
Aspersión	10	100%
Goteo	0	0%
Otro	0	0%
TOTAL	10	100%

Fuente: Encuestas realizadas en la finca El paraíso

Elaboración: Gissela Vera Cedeño

Figura 24. ¿Qué tipo de riego utilizan en la finca El Paraíso?



- ¿De donde proviene el agua que utiliza para el riego del cultivo de la finca?

Objetivo: Conocer de donde proviene el suministro de agua que utilizan para el riego de los cultivos de la finca El Paraíso.

Interpretación: De la muestra observada, el 100% de empleados indicaron que el suministro de agua para el riego proviene de Pozo.

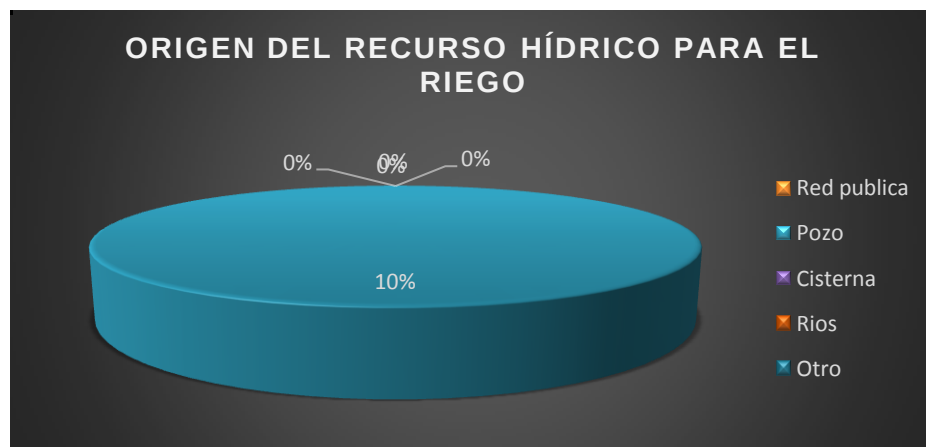
Tabla 5: ¿De donde proviene el agua que utiliza para el riego del cultivo de la finca?

DETALLE	TOTAL	PORCENTAJE
Red publica	0	0%
Pozo	10	10%
Cisterna	0	0%
Rios	0	0%
Otro	0	0%
TOTAL	10	100%

Fuente: Encuestas realizadas en la finca El paraíso

Elaboración: Gissela Vera Cedeño

Figura 25. ¿De donde proviene el agua que utiliza para el riego del cultivo de la finca?



- ¿Cree usted que la implementación de un sistema de riego automático con sensores de humedad mejorará la producción de los cultivos de la Finca El Paraíso?

Objetivo: Conocer si la implementación de un sistema de riego automático permitirá mejorar la producción de los cultivos de la finca.

Interpretación: Del total de encuestados, un 70% manifestaron que la implementación de un sistema de riego automático con sensores de humedad mejorará la productividad de los cultivos.

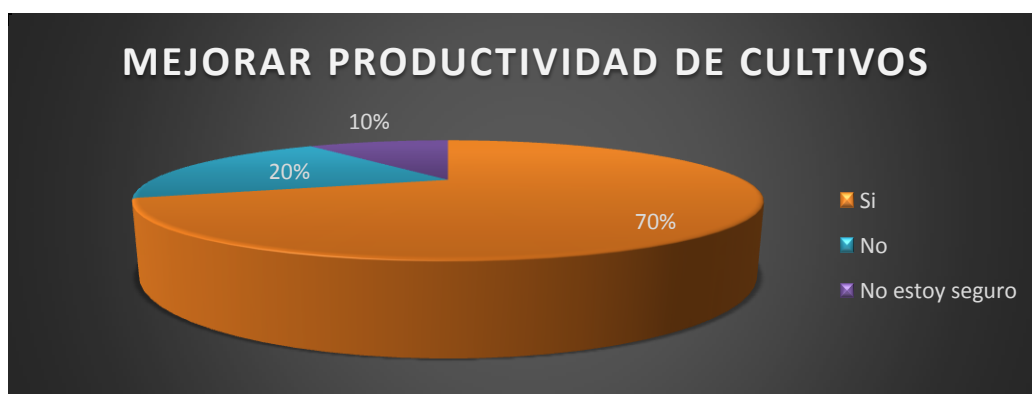
Tabla 6: ¿Cree usted que la implementación de un sistema de riego automático con sensores de humedad mejorará la producción de los cultivos de la Finca El Paraíso?

DETALLE	TOTAL	PORCENTAJE
Si	7	70%
No	2	20%
No estoy seguro	1	10%
TOTAL	10	100%

Fuente: Encuestas realizadas en la finca El paraíso

Elaboración: Gissela Vera Cedeño

Figura 26. ¿Cree usted que la implementación de un sistema de riego automático con sensores de humedad mejorará la producción de los cultivos de la Finca El Paraíso?



- ¿En que se basan para determinar el momento adecuado para realizar el riego?

Objetivo: Conocer los métodos que utilizan para determinar cuando se debe realizar el riego al cultivo.

Interpretación: Del total de los encuestados, el 70% se basa en su experiencia para determinar los periodos de riego del cultivo lo que indica la necesidad de implementar un sistema que realice el riego de acuerdo a la humedad del suelo.

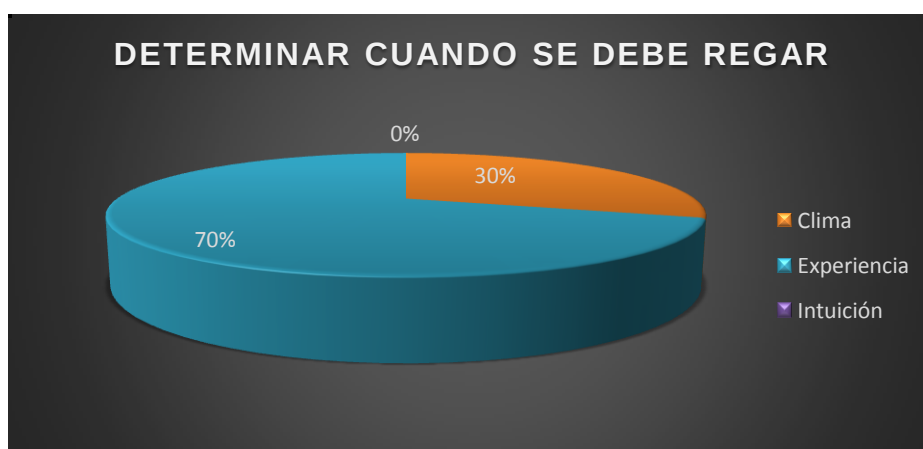
Tabla 7: ¿En que se basan para determinar el momento adecuado para realizar el riego?

DETALLE	TOTAL	PORCENTAJE
Clima	3	30%
Experiencia	7	70%
Intuición	0	0%
TOTAL	10	100%

Fuente: Encuestas realizadas en la finca El paraíso

Elaboración: Gissela Vera Cedeño

Figura 27. ¿En que se basan para determinar el momento adecuado para realizar el riego?



- ¿Cuántas horas les toma realizar el riego a todo el cultivo de pimiento en la Finca?

Objetivo: Conocer el tiempo que se invierte en realizar las actividades de riego.

Interpretación: Más del 60% de los encuestados indican que realizar la actividad de riego en el cultivo de pimiento toma alrededor de 3 a 7 horas, por lo que es evidente la cantidad de tiempo utilizado en una sola actividad.

Tabla 8: ¿Cuántas horas les toma realizar el riego a todo el cultivo de pimiento en la Finca?

DETALLE	TOTAL	PORCENTAJE
1 a 2	2	20%
3 a 5	6	60%
6 a 8	2	20%
mas de 8 horas	0	0%
TOTAL	10	100%

Fuente: Encuestas realizadas en la finca El paraíso

Elaboración: Gissela Vera Cedeño

Figura 28. ¿Cuántas horas les toma realizar el riego a todo el cultivo de pimiento en la Finca?



- ¿Llevan algun registro de las actividades de riego que realiza en el cultivo de pimiento?

Objetivo: Conocer si se lleva registro de las actividades de riego realizadas en el cultivo de pimiento en la Finca.

Interpretación: De la muestra observada, el 100% de los empleados indicaron que no se tiene registros sobre las actividades de riego que realizan en el cultivo, lo que no les permite tener una base de información con las actividades realizadas.

Tabla 9: ¿Llevan algún registro de las actividades de riego que realiza en el cultivo de pimiento?

DETALLE	TOTAL	PORCENTAJE
Si	0	0%
No	10	100%
TOTAL	10	100%

Fuente: Encuestas realizadas en la finca El paraíso

Elaboración: Gissela Vera Cedeño

Figura 29. ¿Llevan algún registro de las actividades de riego que realiza en el cultivo de pimiento?



- ¿Cuentan con un sistema automático para el riego del cultivo de pimiento?

Objetivo: Conocer si actualmente se utiliza un sistema automático para el cultivo.

Interpretación: De la muestra observada, el 100% de los empleados indicaron que no se implementado un sistema automático.

Tabla 10: ¿Cuentan con un sistema automático para el riego del cultivo de pimienta?

DETALLE	TOTAL	PORCENTAJE
Si	10	100%
No	0	0%
TOTAL	10	100%

Fuente: Encuestas realizadas en la finca El paraíso

Elaboración: Gissela Vera Cedeño

Figura 30. ¿Llevan algún registro de las actividades de riego que realiza en el cultivo de pimienta?



3.4.4. Entrevista.

Mediante entrevistas realizadas a empleados y dueño de la finca El Paraíso, se obtuvo información relevante sobre las actividades de riego que se realizan e información relevante sobre las necesidades del cultivo. Esta técnica tiene la finalidad de identificar los requerimientos necesarios para el desarrollo del sistema informático.

3.4.4.1. Entrevista realizada al sr. Angel De La Cruz (Propietario de la finca El Paraíso) y al sr. Francisco Alava (Encargado del riego de los cultivos)

- ¿Cuáles son los parámetros que toman en cuenta para determinar el tiempo de riego a realizar en el cultivo?

Sr. Angel De La Cruz: De acuerdo a la experiencia se ve el estado de las plantas y el tiempo climático influye bastante, por lo general en días soleados se realiza el riego a todo el cultivo por 5 a 10 minutos por parcela.

Sr. Francisco Alava: De acuerdo a las indicaciones realizadas por el Sr. Angel quien indica cuando se debe realizar el riego y por cuanto tiempo aproximadamente. La actividad del riego se la realiza al cultivo en general.

- **¿Cuáles son los pasos que realizan en el riego del cultivo de pimiento?**

Sr. Francisco Alava: Cada vez que se va a realizar el riego, se llevan las mangueras hasta el cultivo y luego se conecta la bomba, se colocan los aspersores manualmente en los lugares estratégicos y se enciende la bomba para que inicie el riego, los aspersores que se colocan cubren en total un aproximado de 150m² de terreno. Una vez que se vea que el suelo se encuentre húmedo se realiza lo mismo para el resto del cultivo.

3.4.5. Observación

Previo a la implementación del sistema se realizó la observación del campo, el tipo de suelo, la distancia de la toma principal de agua y de energía eléctrica. Se verifica el tipo de aspersor que se necesita de acuerdo al cultivo y se toma las indicaciones necesarias para que el sistema funcione de acuerdo al ambiente del cultivo.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL SISTEMA

4.1. Factibilidad

Una vez definida la problemática y las causas que influyen en el desarrollo del sistema informático, previo análisis mediante técnicas de investigación, es pertinente realizar un estudio de factibilidad que determine la infraestructura tecnológica, factores operacionales y económicos que implica la implantación del sistema en la finca El Paraíso.

4.1.1. Factibilidad Técnica

Debido a que SARIEGO es un sistema de monitoreo, no se necesita adquirir un servidor costoso para alojar la BD y la aplicación, solo basta con un servidor (PC) local que soporte las aplicaciones necesarias (SQL Server).

- **Hardware y Software**

Tabla 11: Factibilidad económica: Hardware y Software

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
HP Pavilion 500-045la- Servidor de Base de Datos y la aplicación.	✓ Procesador Intel® Core™ i5-3570K (3,4 GHz, 6 MB de caché, 4 núcleos) ✓ Tarjeta Madre Intel® C200 chipset. ✓ Tarjeta de Red LAN Ethernet Gigabit 10/100/1000 integrada. ✓ Memoria 8 GB de DDR3 ✓ Disco Duro SATA de 1 TB y 7200 rpm ✓ Grabadora de Blu-ray SuperMulti. ✓ Microsoft Windows Server 2012. ✓ Framework v4.5. ✓ Microsoft SQL Server 2012 Enterprise.

4.1.2. Factibilidad Operacional

El Propietario de la Finca El Paraíso el sr. Angel De La Cruz acuerda colaborar con el desarrollo e implementación del sistema debido a la mejora que se obtendrá en cuanto a la productividad de sus cultivos, dicho acuerdo consiste en permitir realizar investigaciones, encuestas, pruebas y documentación de procesos.

4.1.3. Factibilidad Económica

Los costos de desarrollo del sistema serán asumidos por la autora del trabajo, los costos de instalación y mantenimiento del sistema serán asumidos por el propietario de la Finca.

La implementación del sistema informático ofrece beneficios económicos a la Finca mejorando la productividad del cultivo, disminuyendo costos de energía eléctrica y recursos hídricos, y mano de obra.

4.2. Metodología de desarrollo de software

4.2.1. Metodología RUP

La metodología empleada para el desarrollo del sistema informático es RUP o Proceso Unificado Racional (Rational Unified Process), para el análisis, implementación y documentación como proceso de desarrollo de software y al Lenguaje Unificado de Modelado UML

Para el desarrollo del sistema informático **SARIEGO** se utilizaron las siguientes herramientas software:

- Gestión de Base de Datos Relacional: Microsoft SQL Server 2012.

- IDE para el desarrollo de Aplicación de Escritorio: Microsoft Visual Studio 2012 Ultimate.
- Lenguaje de Programación: Visual Basic.NET.
- Suite de Controles y Componentes: DotNetBar.
- Lenguaje de Programación para Microcontroladores: BASCOM AVR
- Diseño de circuito: ISIS 7 Proteus versión 7.8

Artefactos de la metodología RUP.

En la presente investigación se realizaron los siguientes artefactos que se listaran a continuación:

- f) Especificación de Requisitos
- g) Casos de uso
- h) Diagrama de caso de uso
- i) Diagrama de clases
- j) Diagramas de secuencia

4.2.2. Análisis

4.2.2.1. Especificación de requerimientos

Para la especificación de requerimientos se empleó la Norma IEEE-830, la cual permitió establecer las funciones del sistema informático a implementar

basándose en encuestas y entrevistas a las personas que trabajan en los cultivos de la finca El Paraíso.

4.2.2.1.1. Propósito

El presente documento se toma como referencia para la especificación de requerimientos y forma parte de la documentación oficial del sistema informático **SARIEGO**, para el riego agrícola automático controlado por sensores de humedad. Además de servir como una guía para los desarrolladores, administradores y usuarios en general.

4.2.2.1.2. Alcance

SARIEGO será el sistema informático que se desarrollará para el riego agrícola en la finca El Paraíso, específicamente para el cultivo de pimienta, con la finalidad de mejorar y optimizar el consumo del recurso hídrico encendiendo la bomba únicamente cuando los dispositivos remotos den la orden cuando determinen que el nivel de humedad es bajo.

SARIEGO será un sistema de monitoreo que le permitirá al agricultor mantener el nivel de humedad adecuado de su cultivo mediante sensores de humedad, estos dispositivos se comunicaran inalámbricamente con la unidad central de monitoreo lo que permitirá que la información sea visible en tiempo real.

Principales funcionalidades del sistema informático **SARIEGO**:

- Monitorear la humedad del suelo del cultivo.
- Enviar estado de humedad del suelo y nivel de voltaje de las baterías.
- Controlar encendido y apagado de bomba para riego.
- Módulo para ingresar programación de riego manual.

- Generar reportes estadísticos de la actividad del riego en el cultivo.

4.2.2.1.3. Referencias

- ANSI/IEEE 830: Guía de IEEE para la especificación de requerimientos software.
- Encuestas y entrevistas al personal que labora en la finca El Paraíso.

4.2.2.1.4. Descripción General del Sistema Informático SARIEGO

- **Perspectiva del Software**

SARIEGO, como un sistema informático de monitoreo, incrementará la eficiencia y eficacia de la actividad de riego permitiendo controlar el nivel de humedad con los sensores para determinar el momento y el tiempo de encendido de las bombas.

- **Funciones del Software**

- ✓ **Monitorear la humedad del suelo del cultivo.**

Módulo del sistema diseñado para monitorear cada una de las zonas de riego, en donde se indicara cuando las electroválvulas se encuentren encendidas o apagadas, el nivel de batería de cada uno de los dispositivos remotos y el tipo de programación manual o automática.

- ✓ **Envía estado de humedad del suelo y nivel de voltaje de las baterías.**

Módulo electrónico que mide el nivel de humedad del suelo y el nivel de voltaje de las pilas y genera una trama y envía inalámbricamente al módulo que controla el encendido y apagado de la bomba y al nodo receptor de monitoreo.

✓ **Controlar encendido y apagado de bomba para riesgo.**

Módulo electrónico diseñado para recibir la trama de los dispositivos remotos y determinar si se necesita o no encender la bomba.

✓ **Módulo para registrar programación de riego manual.**

Módulo del sistema diseñado para registrar programaciones de riego para cada zona, en caso de que el agricultor decida la activación del riego en una fecha y hora específica.

✓ **Generar reportes estadísticos de la actividad del riego en el cultivo.**

Módulo del sistema diseñado para la toma de decisiones y generación de informes analíticos y estadísticos.

4.2.2.1.5. Requerimientos específicos funcionales

✓ **Monitorear la humedad del suelo del cultivo**

Introducción: **SARIEGO** recibe información en tiempo real de los dispositivos remotos.

Entrada: Se recibe información de los dispositivos inalámbricos remotos ubicados en las parcelas.

Proceso: Al recibir la trama de los dispositivos se procesa y se registra en la BD los tiempos en los que se activa la irrigación.

- ✓ **Envía estado de humedad del suelo y nivel de voltaje de las baterías.**

Introducción: **SARIEGO** mide la humedad del suelo y el nivel de voltaje de las pilas del dispositivo, arma la trama y envía a procesar al módulo que controla la bomba y a la unidad central de monitoreo.

Entrada: Se recibe datos del sensor de humedad.

Proceso: Genera la trama con el nombre del dispositivo (A, B, C) el indicador de activación de la bomba (0 o 1) y el valor del voltaje de la batería, envía a través del dispositivo inalámbrico a los receptores.

Salida: Trama enviada a los dispositivos receptores.

- ✓ **Controlar encendido y apagado de bomba para riesgo.**

Introducción: **SARIEGO** El módulo electrónico recibe la trama para determinar la activación de las bombas y electroválvulas.

Entrada: Se recibe información de los dispositivos inalámbricos remotos ubicados en las parcelas.

Proceso: Al recibir la trama se procesa y se determina si se enciende la bomba y la electroválvulas para permitir el paso de agua a las zonas con déficit de humedad.

Salida: No hay datos de salida

- ✓ **Módulo para registrar programación de riego manual.**

Introducción: **SARIEGO** permite el ingreso de datos necesarios para programar actividades de riego manual.

Entrada: Se ingresará los datos necesarios de cada actividad de riesgo manual.

Proceso: Al crear un nuevo el sistema deberá validar que se especifiquen los campos necesarios y que no existan registros duplicados.

Salida: Datos actualizados en la Base de Datos.

✓ **Generar reportes estadísticos de la actividad del riego en el cultivo.**

Introducción: **SARIEGO** permite el ingreso de parámetros necesarios para generar reportes e informes Estadísticos de las actividades de irrigación en los cultivos de Pimiento.

Entrada: Se ingresará los parámetros necesarios de cada Reporte e Informe.

Proceso: Al ingresar los parámetros, el sistema deberá validar que se especifiquen de manera correcta.

Salida: Presentación de Reportes e Informes en pantalla de usuario.

4.2.2.1.6. Casos de Uso

Se definen los siguientes casos de uso de las pantallas del sistema y de los módulos electrónicos.

Tabla 12: Funciones de módulo electrónico: envia_trama

REF. #	FUNCIONES DE MÓDULO ELECTRÓNICO: ENVIA_TRAMA	CATEGORÍA
R1.1	Mide humedad del suelo.	Oculto
R1.2	Mide voltaje de batería.	Oculto
R1.3	Envía trama	Oculto
R1.4.	Transmite información recibida en puerto serial	Oculto

Tabla 13: Caso de uso Enviar Trama

CASO DE USO	Enviar Trama		
CU. ID.	SARIEGO_CU_01.		
ACTORES	Usuario		
PROPÓSITO	Medir humedad del suelo y enviar trama.		
RESUMEN	Toma los datos del sensor de humedad, mide el nivel de voltaje de la batería y arma la trama para el envío.		
TIPO	Esencial, Primario.		
REFERENCIAS CRUZADAS	R1.1, R1.2, R1.3, R1.4.		
PRECONDICIONES	1. Nivel de voltaje arriba de los 3.3 voltios. 2. El dispositivo se encuentre instalado correctamente en la parcela.		
CURSO NORMAL DE EVENTOS			
ACCIÓN DEL ACTOR		RESPUESTA DEL SISTEMA	
1. Este Caso de Uso inicia cuando el agricultor enciende el dispositivo.		2. Transmite información recibida de otros Xbee (SerialIN). 3. Se obtiene el dato del sensor de humedad. 4. Se calcula el nivel de voltaje de la batería. 5. Se arma la trama con el identificador del dispositivo, indicador de encendido/apagado de la bomba (0 o 1) y nivel de voltaje de la batería. 6. Envía la trama a través de la salida serial al dispositivo mas cercano. 7. Se repite el ciclo (regresa al punto 3) mientras el voltaje de la bateria sea mayor a 3.3 voltios.	
CURSOS ALTERNOS			
LÍNEA 2	Si no se ha recibido información en el puerto SerialIN del Xbee no se transmite nada.		
LÍNEA 6	Si el nivel de voltaje es bajo no se envía la trama.		
POST CONDICIONES			
Trama enviada al dispositivo más cercano.			

Tabla 14: Funciones de formulario: monitoreo

REF. #	FUNCIONES DE FORMULARIO: MONITOREO	CATEGORÍA
R1.1	Valida Trama	Oculto
R1.2	Mostrar electroválvulas estado de electroválvulas.	Evidente
R1.3	Mostrar nivel de voltaje de pilas de los dispositivos ubicados en las parcelas.	Evidente
R1.4	Guardar programación de riesgo activada.	Oculto
R1.5	Establece tipo de riego.	Oculto
R1.6	Consulta Programaciones manuales.	Oculto
R1.7	Determina hora de encendido y apagado de bomba y electroválvulas.	Oculto
R1.8	Envía orden para activar y apagar riego en determinado sector.	Evidente

Tabla 15: Caso de uso Recibir Trama

CASO DE USO	Recibir Trama
CU. ID.	SARIEGO_CU_02.
ACTORES	< Caso de uso SARIEGO_CU_01>
PROPÓSITO	Recibe trama de los dispositivos que miden la humedad ubicados en las parcelas.
RESUMEN	Procesa la trama recibida para mostrar en pantalla si se encuentran encendidas o pagadas las electroválvulas, nivel de voltaje.
TIPO	Esencial, Primario.
REFERENCIAS CRUZADAS	R1.1, R1.2, R1.3, R1.4.
PRECONDICIONES	1. Tener conectado dispositivo Xbee receptor para recibir la trama mediante el puerto USB.
CURSO NORMAL DE EVENTOS	
ACCIÓN DEL ACTOR	RESPUESTA DEL SISTEMA
1. Este Caso de Uso inicia cuando el < Caso de uso SARIEGO_CU_01> envía la trama al receptor conectado al computador.	2. Valida Trama para identificar el nombre del dispositivo que la envió. 3. Se lee indicador de encendido/apagado de

	la bomba, si indicador es 1 muestra en pantalla que la electroválvula esta encendida caso contrario muestra apagada. 4. Lee el valor de voltaje y muestra en pantalla el porcentaje en base al valor recibido. 5. Valida si se ha culminado el riego en las parcelas. 6. Guarda datos de la actividad de riego en la BD.
CURSOS ALTERNOS	
LÍNEA 3	De acuerdo al identificador del dispositivo que envió la trama se muestra la electroválvula correspondiente al sector del dispositivo.
LÍNEA 4	De acuerdo al identificador del dispositivo que envió la trama se muestra la el nivel de voltaje del dispositivo.
LÍNEA 6	Si ocurre algún error al momento de guardar los datos, se notifica dicho error y se pasa el control del sistema al Usuario.
POST CONDICIONES	
Mostrar estado de electroválvulas y nivel de voltaje de las baterías.	

Tabla 16: Caso de uso Cambiar Programación Manual

CASO DE USO	Cambiar Programación Manual
CU. ID.	SARIEGO_CU_03.
ACTORES	Usuario.
PROPÓSITO	Permitir al usuario cambiar a programación manual.
RESUMEN	El usuario cambia la programación de automática a manual
TIPO	Secundario.
REFERENCIAS CRUZADAS	R1.2, R1.4, R1.5, R1.6, R1.7, R1.8.
PRECONDICIONES	1. Actividades de riego registradas. 2. Tener conectado dispositivo Xbee receptor para enviar la trama mediante el puerto USB.
CURSO NORMAL DE EVENTOS	
ACCIÓN DEL ACTOR	RESPUESTA DEL SISTEMA
1. Este Caso de Uso inicia cuando el Usuario	

necesita cambiar a la programación Manual y da clic en el botón Cambiar en la zona o parcela determinada.	2. Verifica si existen actividades de riego manual registradas en la BD. 3. Si existe actividad de riego manual se envía la orden al módulo electrónico para que se active el modo manual. 4. Verifica la Fecha y hora de inicio para enviar la trama que enciende la bomba y electroválvula correspondiente. 5. Verifica la fecha y hora de fin para enviar a apagar la bomba y electroválvula correspondiente. 6. Guardar actividad de Riego. 7. Se finaliza la actividad de riego Manual se cambia programación a automática. 8. Se modifica estado de la actividad a finalizada.
CURSOS ALTERNOS	
LÍNEA 2	Si no existe actividad de riego manual registrado se muestra un mensaje indicando que no se puede activar riesgo manual porque no existe la programación.
LÍNEA 6	Si ocurre algún error al momento de guardar los datos, se notifica dicho error y se pasa el control del sistema al Usuario.
LÍNEA 8	Si ocurre algún error al momento de actualizar los datos, se notifica dicho error y se pasa el control del sistema al Usuario.
POST CONDICIONES	
Activación de la bomba de riego y de las electroválvulas correspondientes.	
Guardar actividad de riego.	

Tabla 17: Caso de uso Cambiar Programación Automática

CASO DE USO	Cambiar Programación Automática
CU. ID.	SARIEGO_CU_04.
ACTORES	Usuario.
PROPÓSITO	Permitir al usuario cambiar a programación Automática.

RESUMEN	El usuario cambia la programación de manual a la automática.		
TIPO	Secundario.		
REFERENCIAS CRUZADAS	R1.2, R1.4, R1.5, R1.6, R1.7, R1.8.		
PRECONDICIONES	1. Tener conectado dispositivo Xbee receptor para enviar la trama mediante el puerto USB.		
CURSO NORMAL DE EVENTOS			
ACCIÓN DEL ACTOR		RESPUESTA DEL SISTEMA	
1. Este Caso de Uso inicia cuando el Usuario necesita activar o desactivar la programación Manual y da clic en el botón Cambiar en la zona o parcela determinada.		2. Se envía la orden al módulo electrónico para que se active el modo Automático.	
CURSOS ALTERNOS			
POST CONDICIONES			
Cambiar tipo de de programación a la Automática.			

Tabla 18: Funciones de formulario: ProgramaciónRiego

REF. #	FUNCIONES DE FORMULARIO: ProgramacionRiego	CATEGORÍA
R1.1	Guardar datos ingresados en el formulario ProgramacionRiego	Oculto
R1.2	Consultar Actividades programadas activas.	Oculto
R1.3	Cargar datos a una lista.	Oculto

Tabla 19: Caso de uso Registrar Programación

CASO DE USO	Registrar Programación
CU. ID.	SARIEGO_CU_05.
ACTORES	Usuario.
PROPÓSITO	Permitir al usuario registrar la programación manual.
RESUMEN	El Usuario ingresa los datos de la programación y los registra en el Sistema.
TIPO	Secundario.
REFERENCIAS CRUZADAS	R1.1, R1.2, R1.3.
PRECONDICIONES	1. No deben existe mas de una actividad manual Activa para una

	zona.
CURSO NORMAL DE EVENTOS	
ACCIÓN DEL ACTOR	RESPUESTA DEL SISTEMA
1. Este Caso de Uso inicia cuando el Usuario va a registrar los datos de programación Manual. 2. El Usuario ingresa los campos necesarios. 3. Presiona la tecla F5 o da Click sobre el botón Guardar para registrar los datos.	4. Realiza validación de campos ingresados y seleccionados, los guarda en el Sistema y emite el mensaje "Registro realizado correctamente".
CURSOS ALTERNOS	
LÍNEA 4	Si existe algún campo vacío, se emite la respectiva notificación indicando y seleccionado el campo que deber ser ingresado y pasa el control del sistema al Usuario.
LÍNEA 4	Si ocurre algún error al momento de guardar los datos, se notifica dicho error y se pasa el control del sistema al Usuario
POST CONDICIONES	
La actividad ha sido registrada en el Sistema.	

Tabla 20: Funciones de formulario: Configuración Puerto

REF. #	FUNCIONES DE FORMULARIO: Configuración Puerto	CATEGORÍA
R1.1	Guardar datos ingresados en el formulario Configuración puerto	Oculto

Tabla 21: Caso de uso Registrar Configuración de Puerto USB

CASO DE USO	Registrar Configuración de Puerto USB
CU. ID.	SARIEGO_CU_06.
ACTORES	Usuario.
PROPÓSITO	Permitir al usuario registrar configuración del puerto USB.
RESUMEN	El Usuario ingresa los datos para configurar el puerto que se va a utilizar para la comunicación.

TIPO	Secundario.		
REFERENCIAS CRUZADAS	R1.1		
PRECONDICIONES	Tener conectado dispositivo Xbee receptor para enviar la trama mediante el puerto USB.		
CURSO NORMAL DE EVENTOS			
ACCIÓN DEL ACTOR		RESPUESTA DEL SISTEMA	
1. Este Caso de Uso inicia cuando el Usuario necesita configurar las características del puerto serial. 2. El Usuario ingresa los campos necesarios. 3. Presiona la tecla F5 o da Click sobre el botón Guardar para registrar los datos.		4. Realiza validación de campos ingresados y seleccionados, los guarda en el Sistema y emite el mensaje “Registro realizado correctamente”.	
CURSOS ALTERNOS			
LÍNEA 4	Si existe algún campo vacío, se emite la respectiva notificación indicando y seleccionado el campo que deber ser ingresado y pasa el control del sistema al Usuario.		
LÍNEA 4	Si ocurre algún error al momento de guardar los datos, se notifica dicho error y se pasa el control del sistema al Usuario		
POST CONDICIONES			
La configuración del puerto ha sido registrada en el Sistema.			

Tabla 22: Funciones de módulo electrónico: EnciendeBomba

REF. #	FUNCIONES DE MODULO ELECTRONICO: EnciendeBomba	CATEGORÍA
R1.1	Valida Trama recibida	Oculto
R1.2	Determina si se enciende o se apaga bomba.	Oculto
R1.3	Determina electroválvula que se debe activar.	Oculto

Tabla 23: Caso de uso Activar Riego

CASO DE USO	Activar Riego
CU. ID.	SARIEGO_CU_07.
ACTORES	< Caso de uso SARIEGO_CU_01>
PROPÓSITO	Encender y apagar bomba y electroválvula correspondiente a la zona que envía la trama.
RESUMEN	Valida la trama para verificar si se enciende la bomba y que zona envió la trama para habilitar el paso de agua para la misma.
TIPO	Esencial, Primario.
REFERENCIAS CRUZADAS	R1.1, R1.2, R1.3.
PRECONDICIONES	1. Bomba y electroválvulas conectadas.
CURSO NORMAL DE EVENTOS	
ACCIÓN DEL ACTOR	RESPUESTA DEL SISTEMA
1. Este Caso de Uso inicia cuando el < Caso de uso SARIEGO_CU_01> envía una trama a procesar.	2. Valida el nombre del dispositivo que envió la trama. 3. Valida el indicador de estado de la bomba, si es 0 enciende la Bomba y si es 1 la apaga. 4. Verifica nombre de la zona que envía la trama para determinar que lectrovalvula se enciende o apaga.
CURSOS ALTERNOS	
LÍNEA 2	Si la trama no tiene el formato establecido no continua el proceso.
POST CONDICIONES	
Activación/Desactivación de riego en las parcelas.	

4.2.2.1.7. Requerimientos no Funcionales

- **Requerimientos de Rendimiento**

SARIEGO, optimizará el uso de recursos hardware y las capacidades del entorno de software en el cual estará instalado, ofreciendo al usuario tiempos de respuesta aceptables.

- **Requerimientos de Interfaz de Usuario**

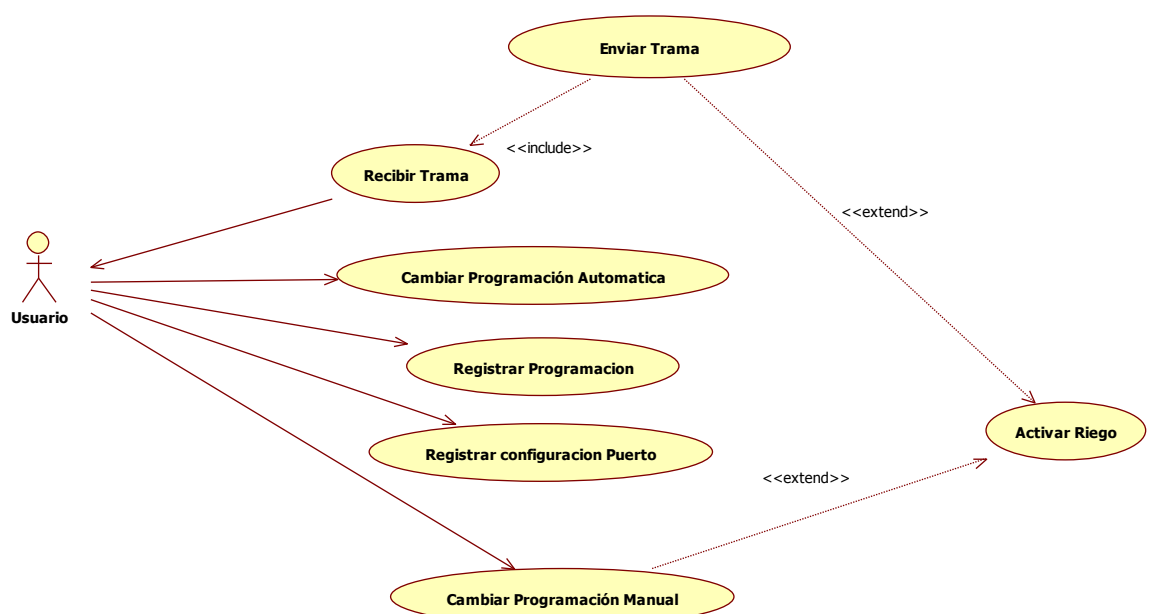
SARIEGO, tendrá una interfaz amigable y elegante para la comodidad de los usuarios.

- **Requerimientos de Seguridad**

SARIEGO, conexiones a la base de datos bajo estricto requerimiento.

4.2.2.1.8. Diagramas de Casos de Uso

Figura 31. Diagrama de caso de uso



4.2.2.1.9. Diagramas de Secuencia

Figura 32: Diagrama de secuencia: Recibir trama

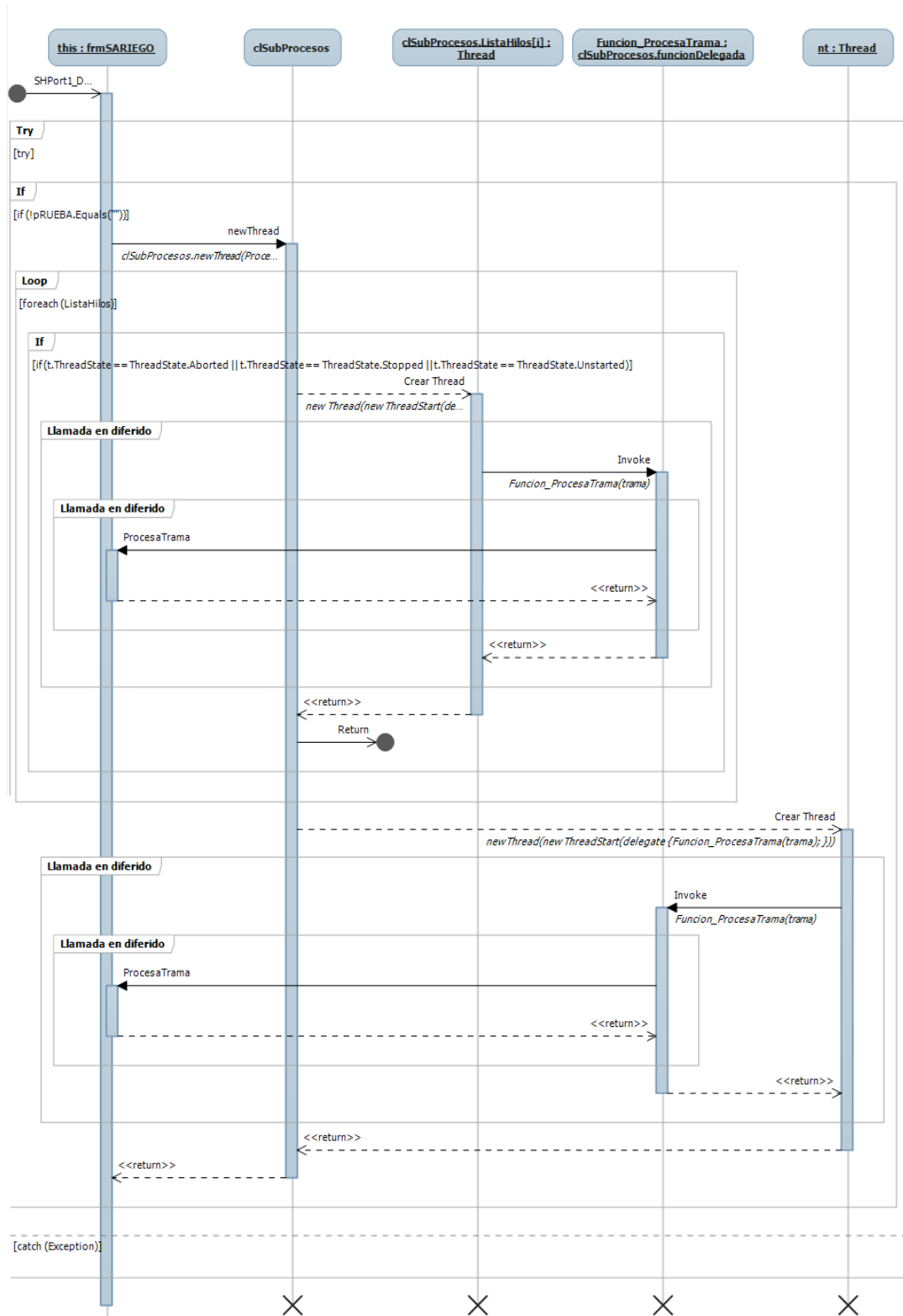


Figura 33: Diagrama de secuencia: Guardar actividad de riego

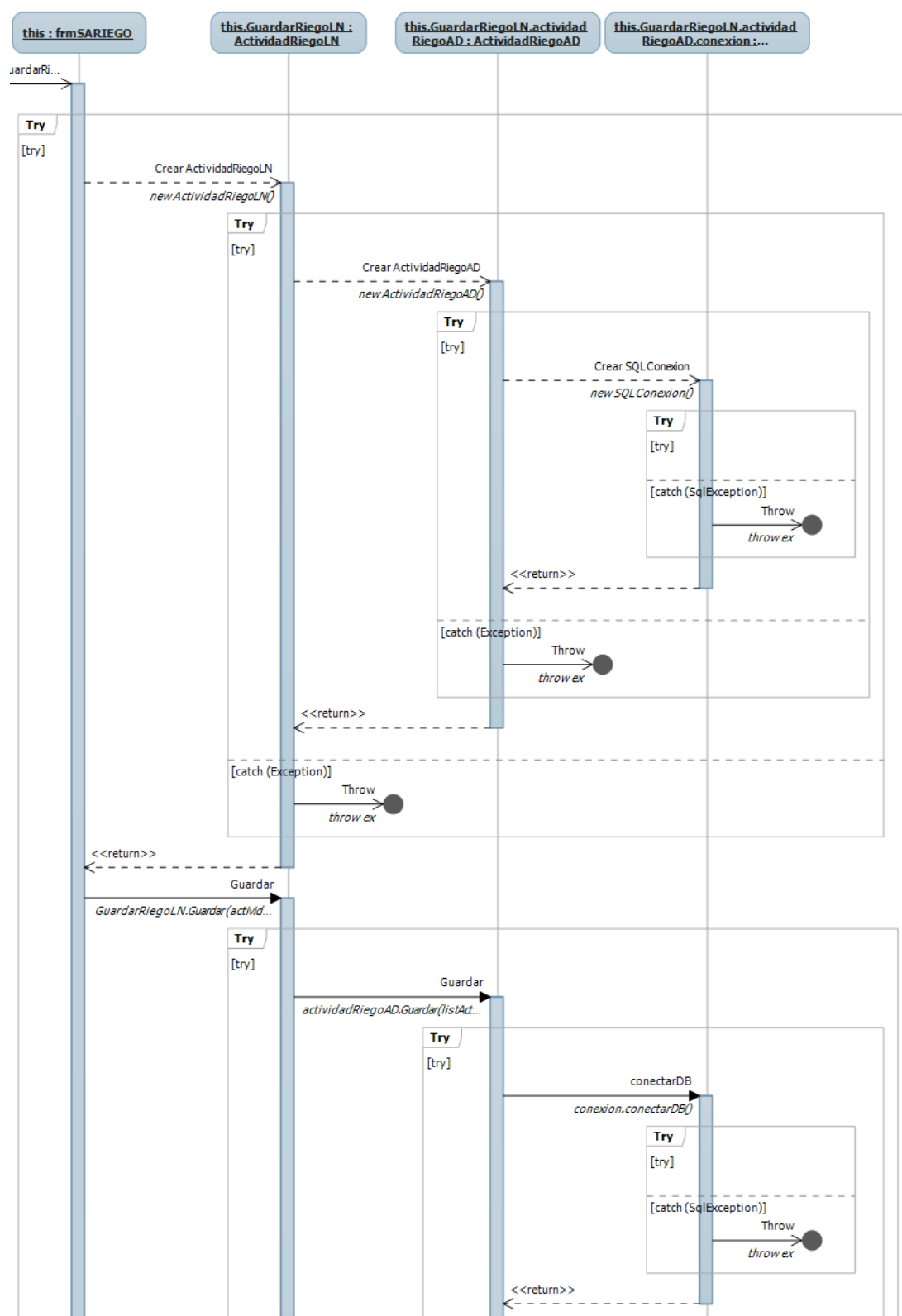


Gráfico continúa en la siguiente página



Figura 34: Diagrama de secuencia: Guardar programación manual

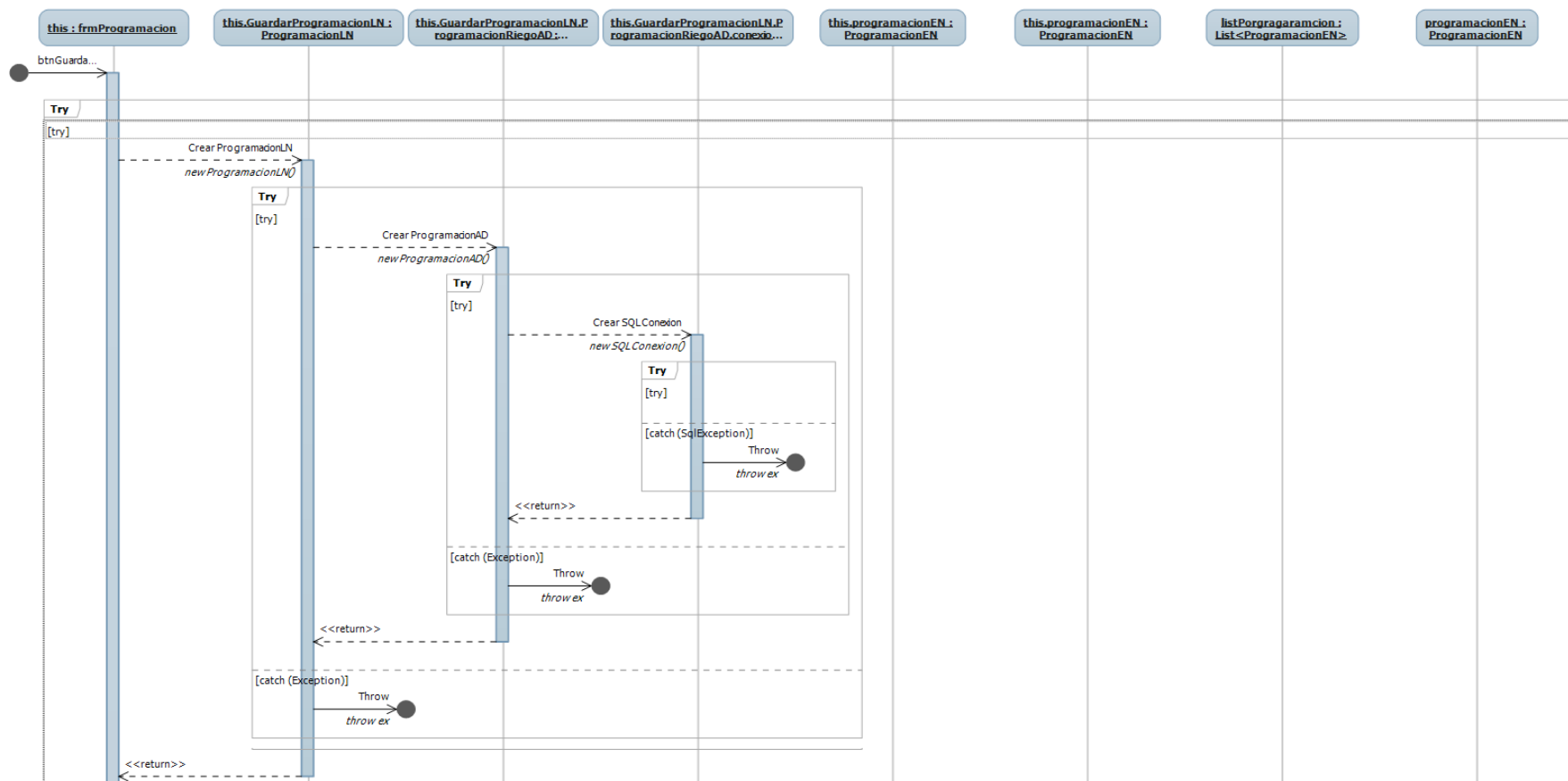


Gráfico continúa en la siguiente página

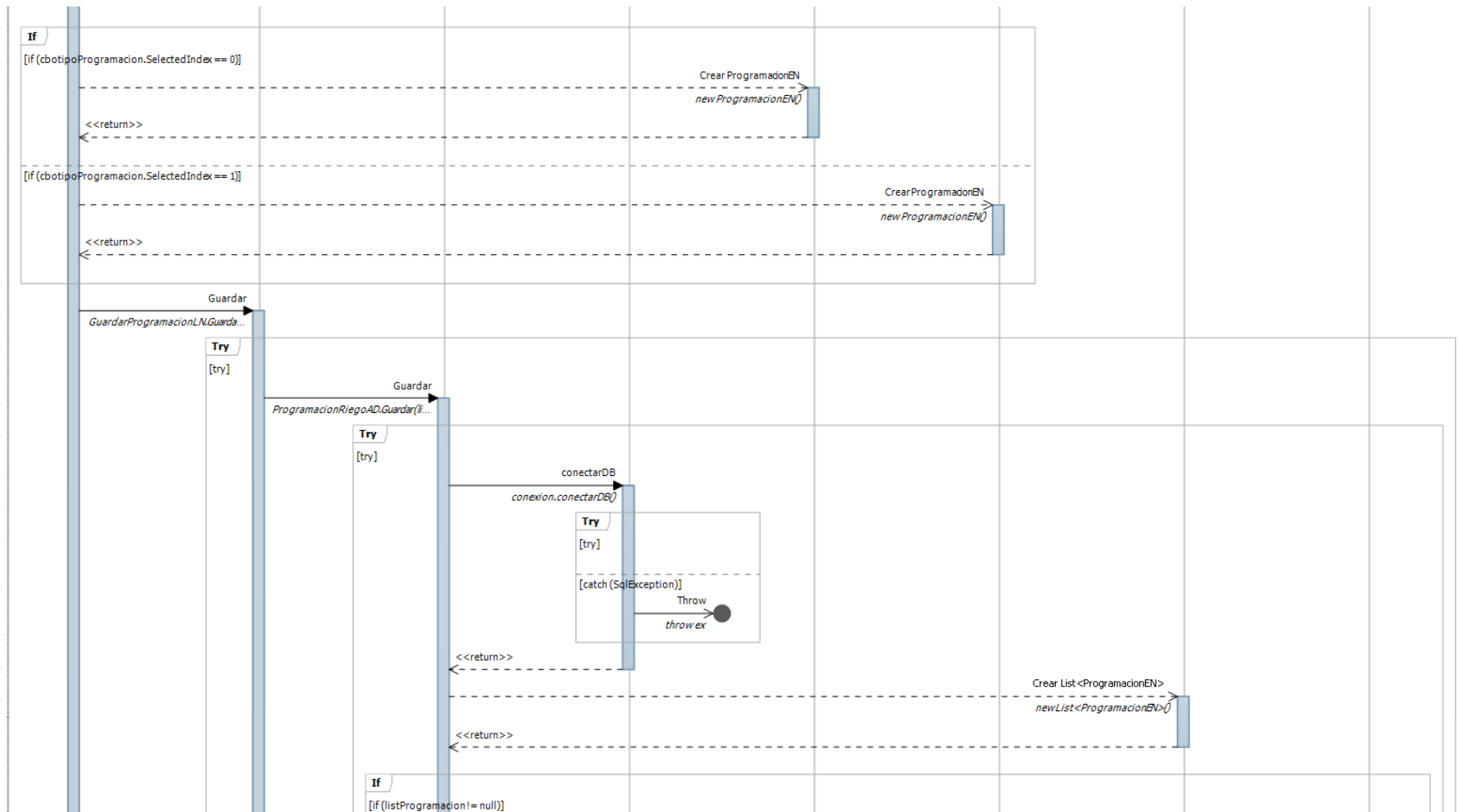


Gráfico continúa en la siguiente página

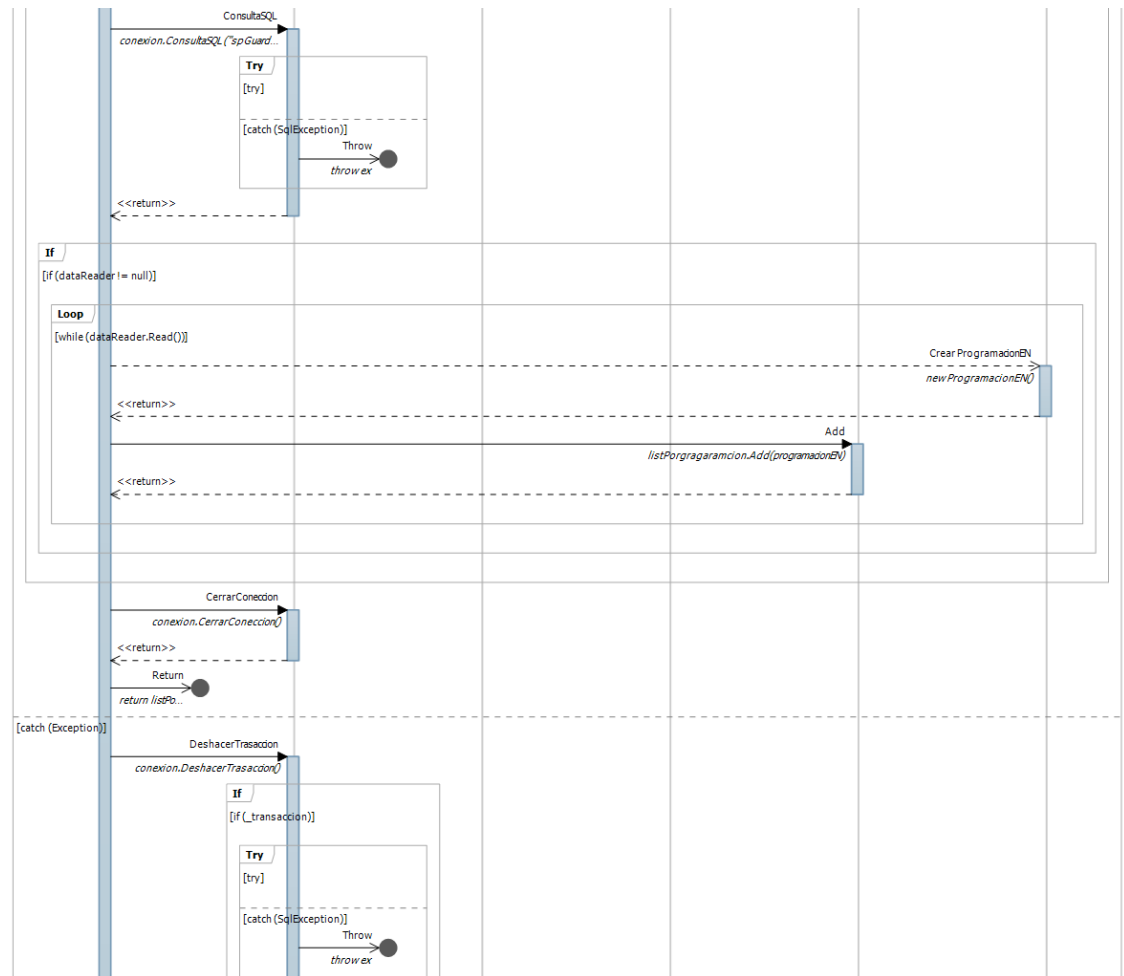


Gráfico continúa en la siguiente página

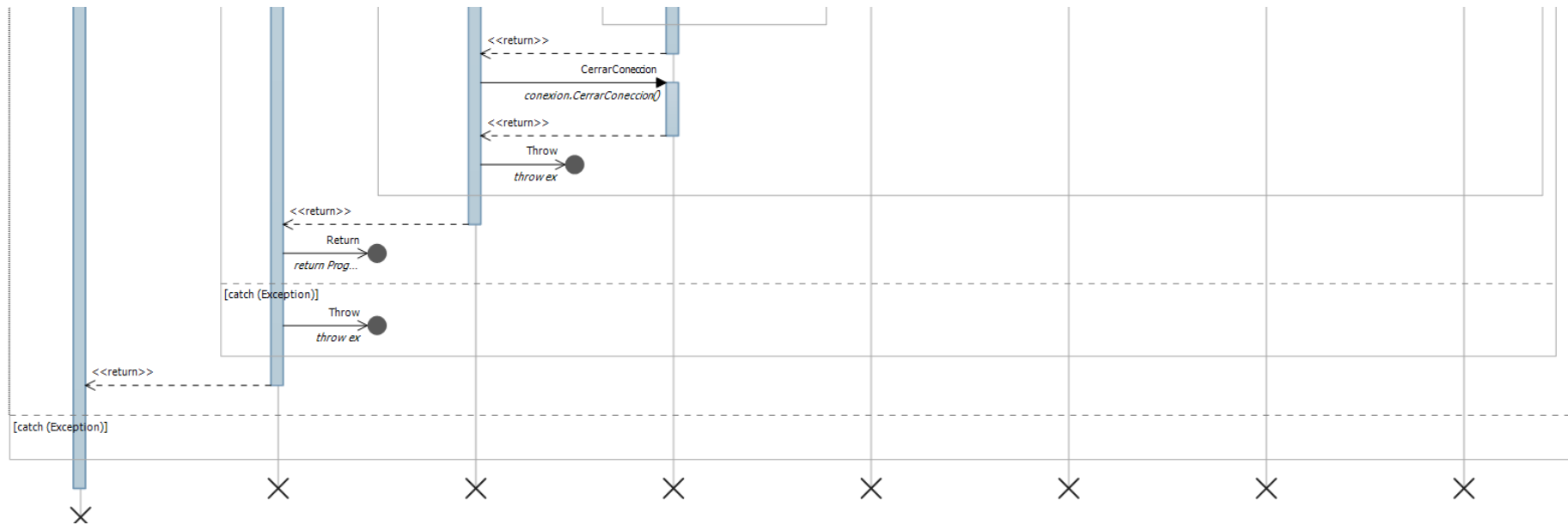


Figura 35: Diagrama de secuencia: Activar programación manual

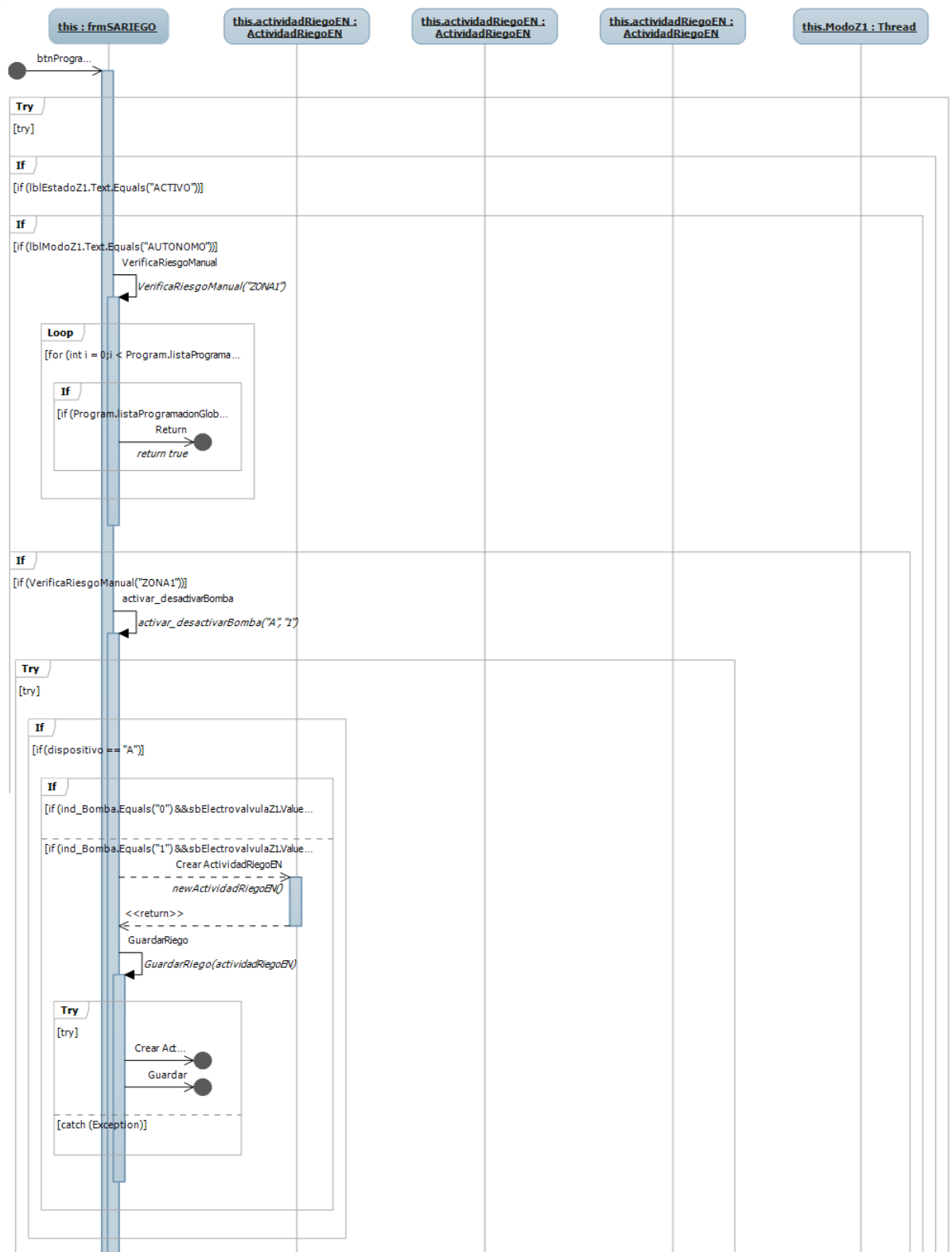


Gráfico continúa en la siguiente página

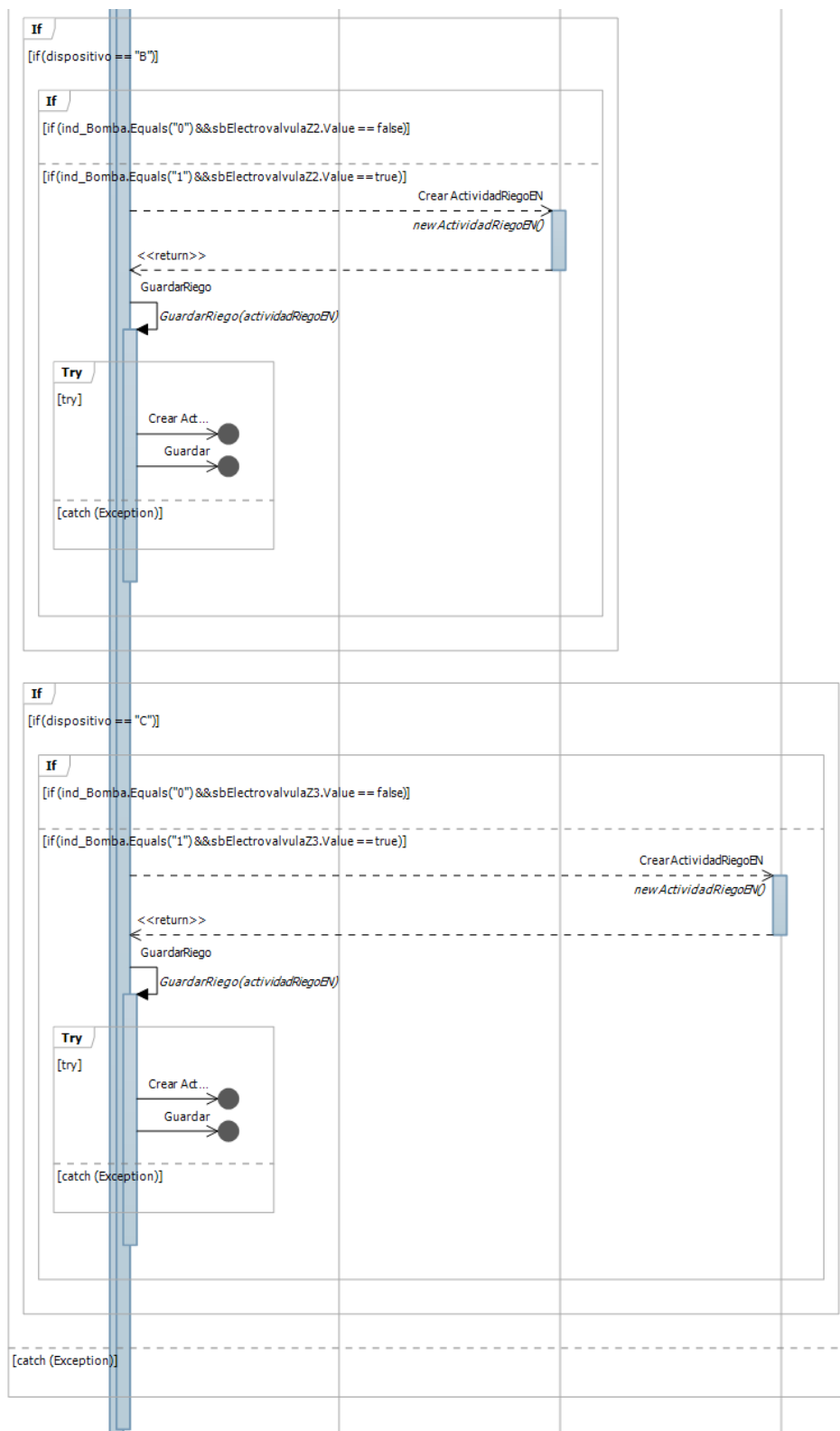
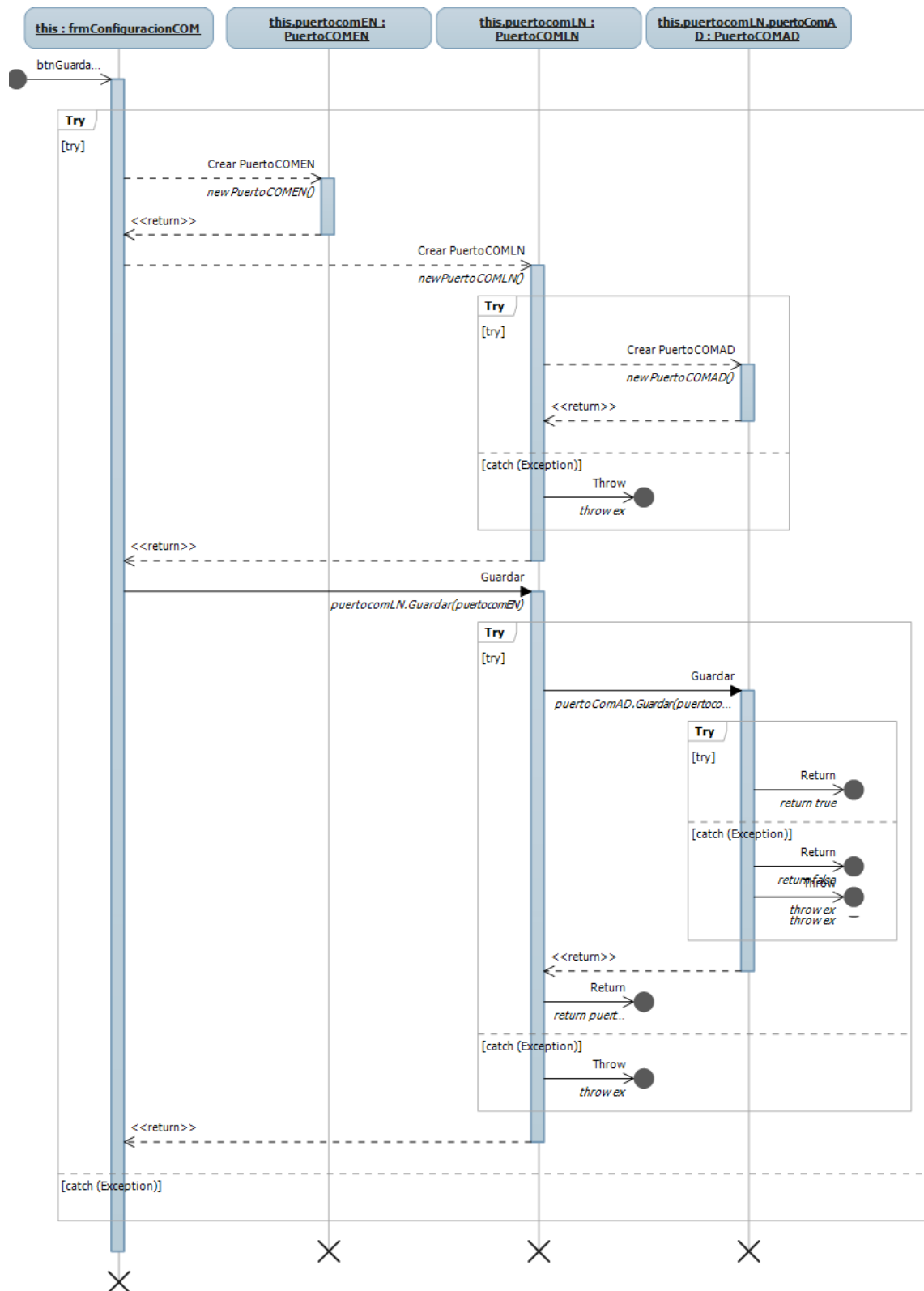


Gráfico continúa en la siguiente página



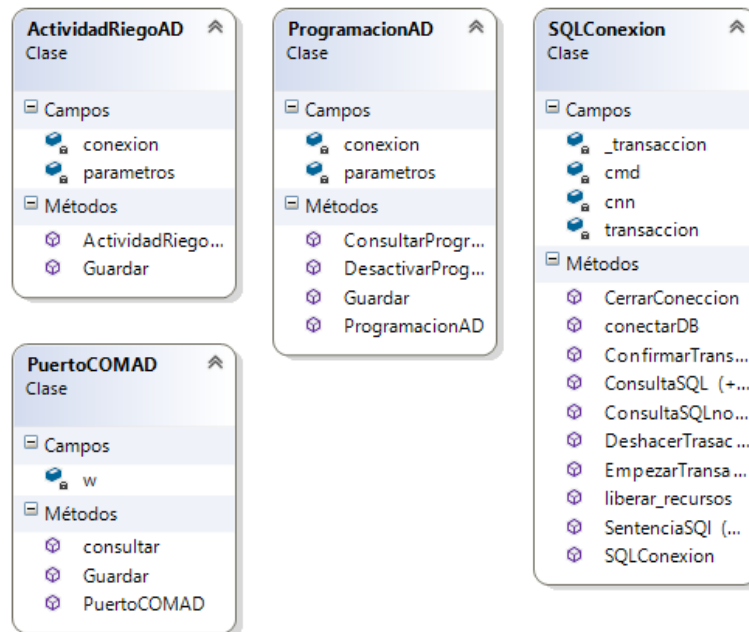
Figura 36: Diagrama de secuencia: Guardar Configuración PuertoCom



4.2.2.1.10. Diagrama de Clases

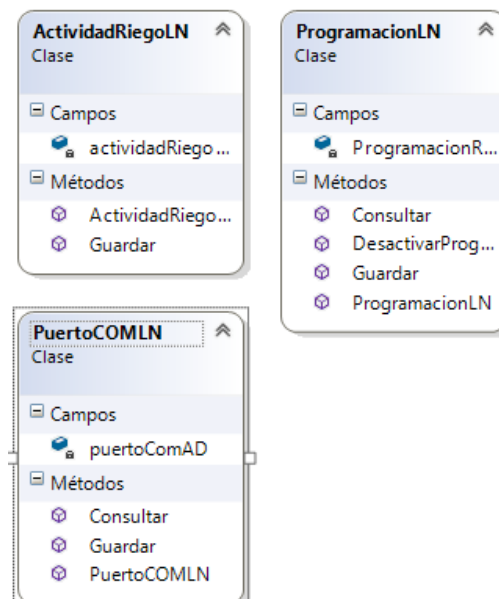
Acceso a Datos.

Figura 37: Diagrama de clase: Acceso a datos



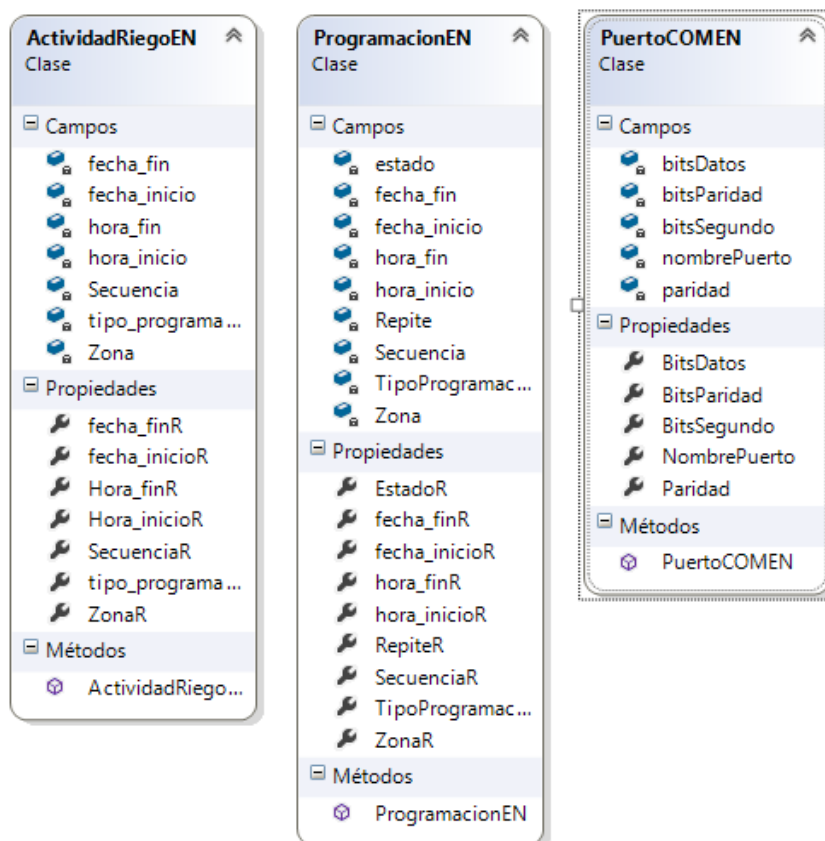
Lógica de Negocio.

Figura 38: Diagrama de clase: Logica de negocio



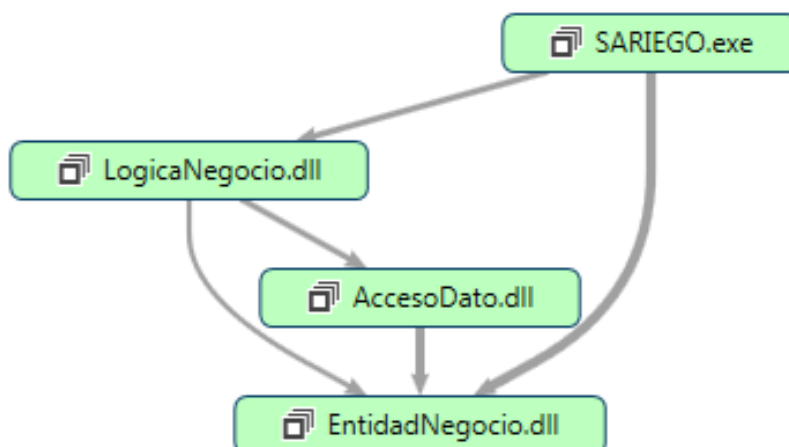
Entidad Negocio.

Figura 39: Diagrama de clase: Entidad de negocio



4.2.2.1.11. Diagrama de 3 Capas

Figura 40: Diagrama de capa



4.2.3. Diseño.

4.2.3.1. Diseño de la aplicación.

En esta fase se realiza el diseño de la interfaz gráfica de usuario (GUI) y el diseño de la Base de Datos.

Monitoreo.

Figura 41: Pantalla monitoreo

The screenshot shows the SARIEGO monitoring interface. It features three columns for ZONA 1, ZONA 2, and ZONA 3. Each zone has a 'Programación' button (AUTONOMO) and a 'Cambiar' button. The status for each zone is 'ESTADO MODULO: INACTIVO' (red background) and 'ELECTROVALVULA: OFF' (black background). Below the status, there is a 'Estado batería sensor:' field with an 'OK' button. At the bottom of each zone, there is a 'RIEGO:' section with 'Inicio:', 'Fin:', and 'Duración:' fields, and a 'Historial' button. The ZONA 3 'Duración' field shows '0'.

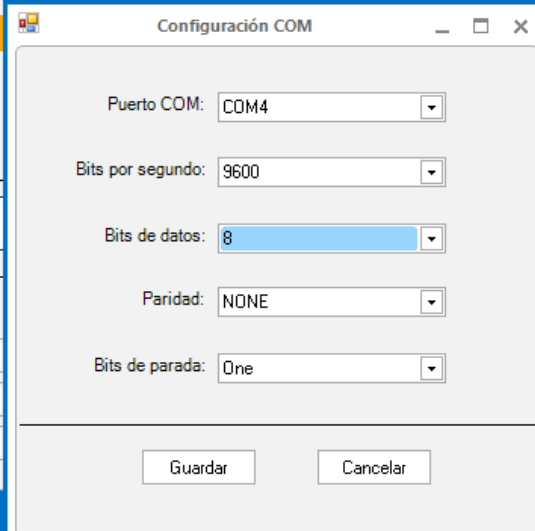
Registrar programación manual

Figura 42: Pantalla programación de riego

The screenshot shows the 'Programación de riego' (Irrigation Programming) screen. It includes a 'Zona:' dropdown menu, a 'Tipo de programación:' dropdown menu, and a 'Habilitar' checkbox. Below these, there are two sections: 'Única repetición' (Single repetition) with 'Fecha:', 'Hora inicio:', and 'Hora fin:' fields; and 'Frecuencia' (Frequency) with 'Se repite cada:' (0 days), 'A partir de:', 'Finaliza:', 'Fecha inicio:', and 'Fecha de finalización:' (with radio buttons for 'Fecha de finalización' and 'Sin fecha de finalización'). At the bottom, there are 'Guardar' (Save) and 'Cancelar' (Cancel) buttons.

Configurar Puerto serial.

Figura 43: Pantalla configuración de puertoCOM



Configuración COM

Puerto COM: COM4

Bits por segundo: 9600

Bits de datos: 8

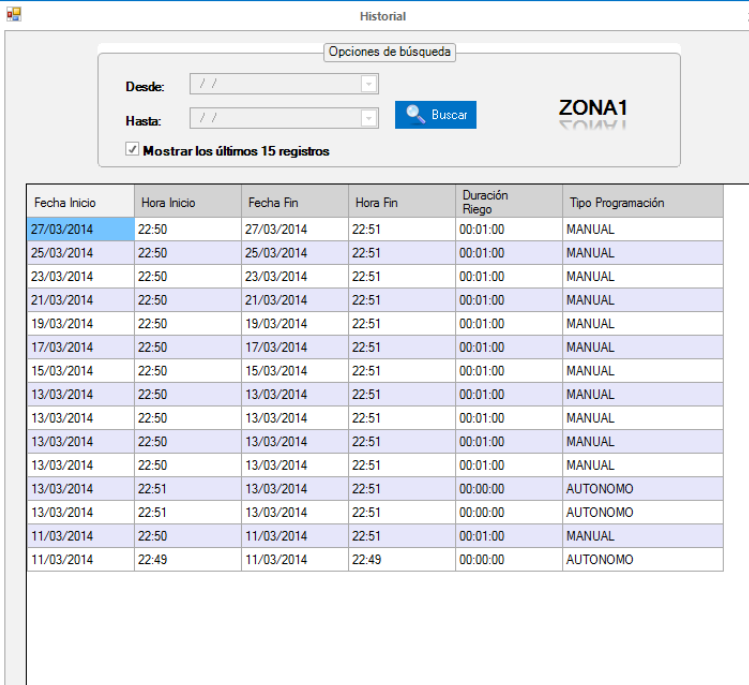
Paridad: NONE

Bits de parada: One

Guardar Cancelar

Reporte Histórico.

Figura 44: Pantalla de reporte de Históricos



Historial

Opciones de búsqueda

Desde: / /

Hasta: / /

Buscar

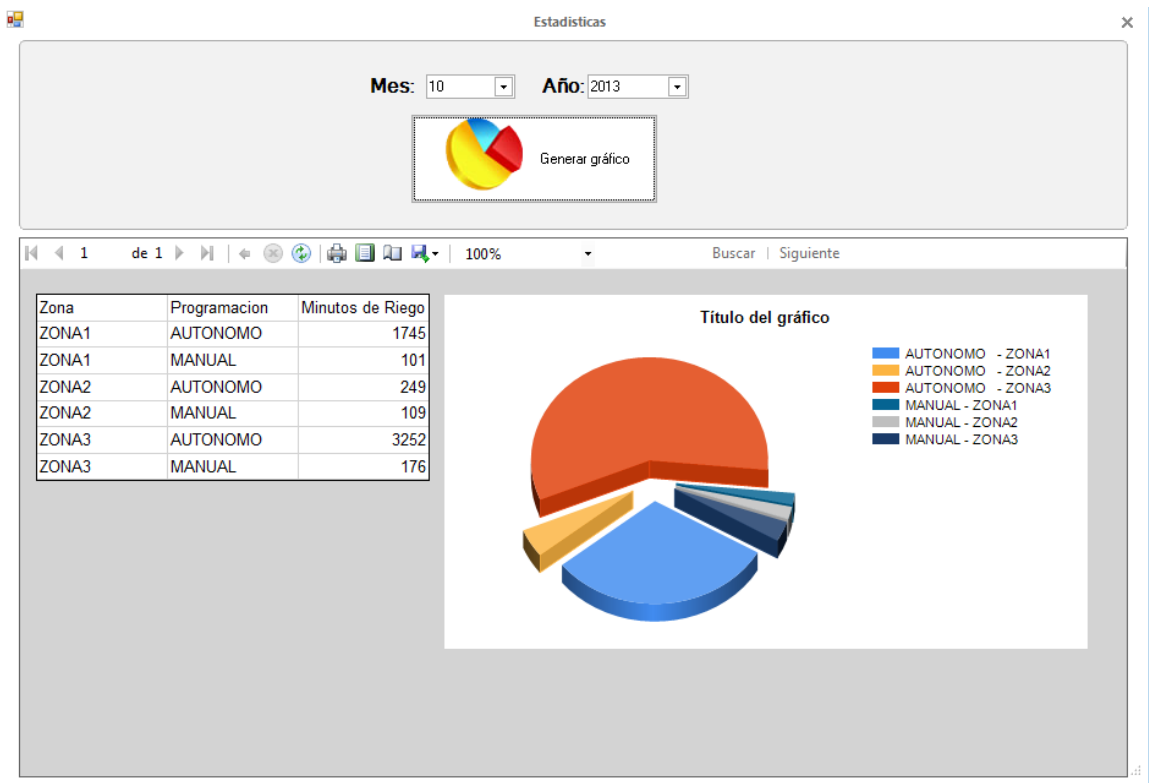
☒ Mostrar los últimos 15 registros

ZONA1

Fecha Inicio	Hora Inicio	Fecha Fin	Hora Fin	Duración Riego	Tipo Programación
27/03/2014	22:50	27/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
25/03/2014	22:50	25/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
23/03/2014	22:50	23/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
21/03/2014	22:50	21/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
19/03/2014	22:50	19/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
17/03/2014	22:50	17/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
15/03/2014	22:50	15/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
13/03/2014	22:50	13/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
13/03/2014	22:50	13/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
13/03/2014	22:50	13/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
13/03/2014	22:50	13/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
13/03/2014	22:51	13/03/2014	22:51	00:00:00	AUTONOMO
13/03/2014	22:51	13/03/2014	22:51	00:00:00	AUTONOMO
11/03/2014	22:50	11/03/2014	22:51	00:01:00	MANUAL
11/03/2014	22:49	11/03/2014	22:49	00:00:00	AUTONOMO

Reporte Estadísticos.

Figura 45: Pantalla de reporte Estadísticos



4.2.3.2. Diseño de dispositivos electrónicos.

Figura 46: Diseño de circuito electronico

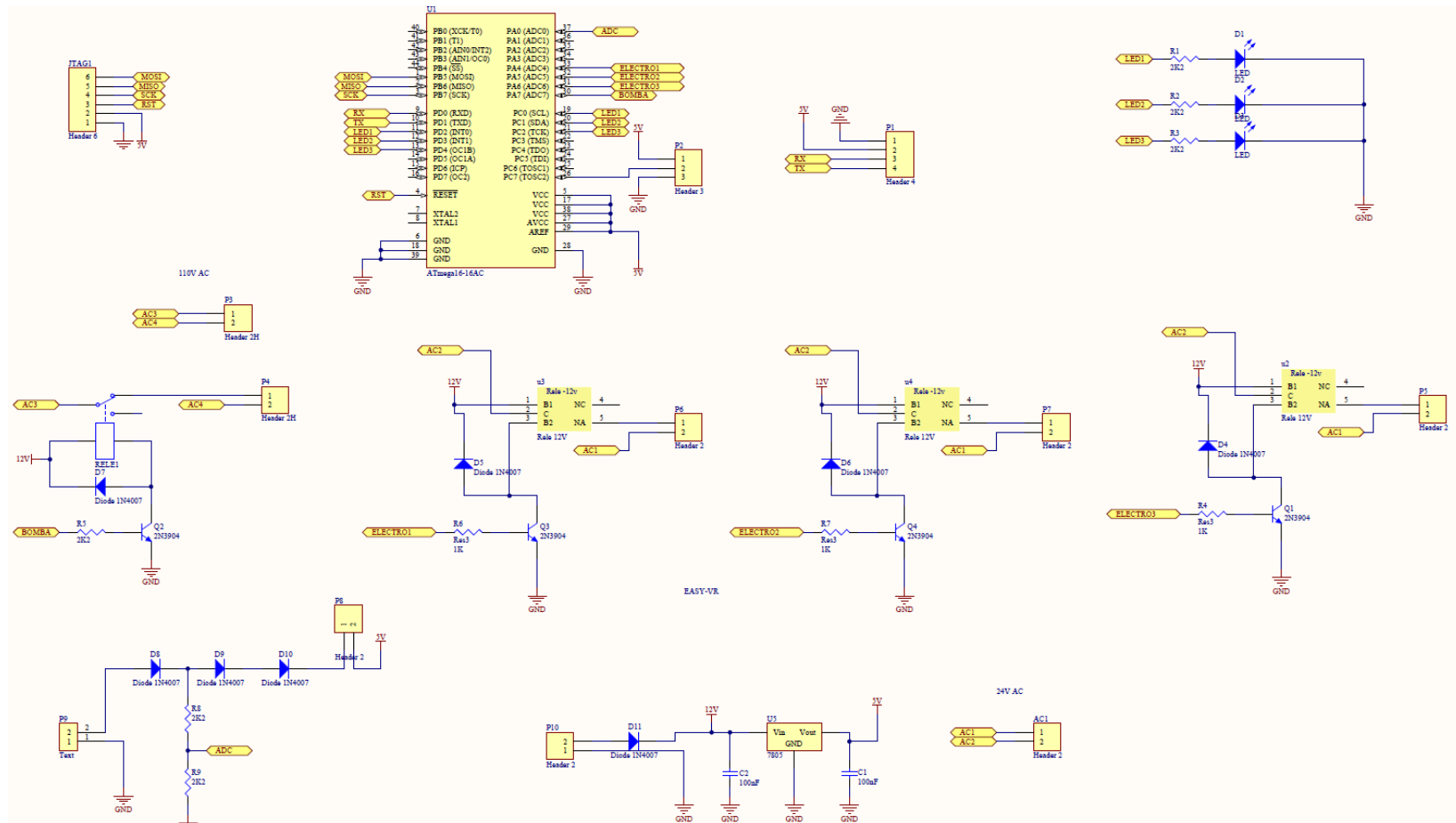


Figura 47: Circuito electrónico sensor de humedad

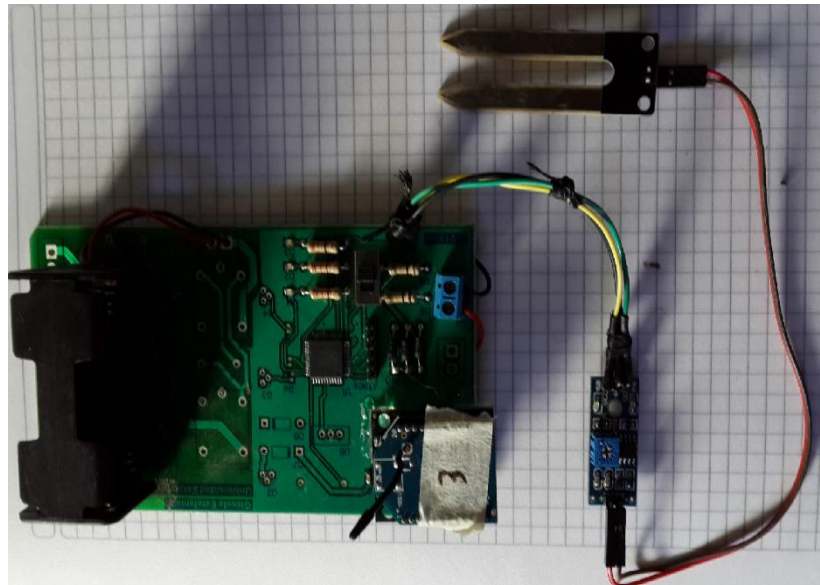
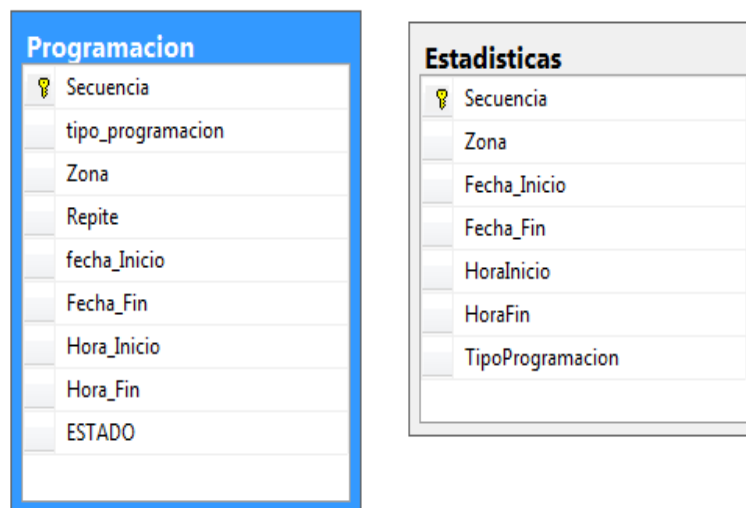


Figura 48: Circuito electrónico Activar Bomba



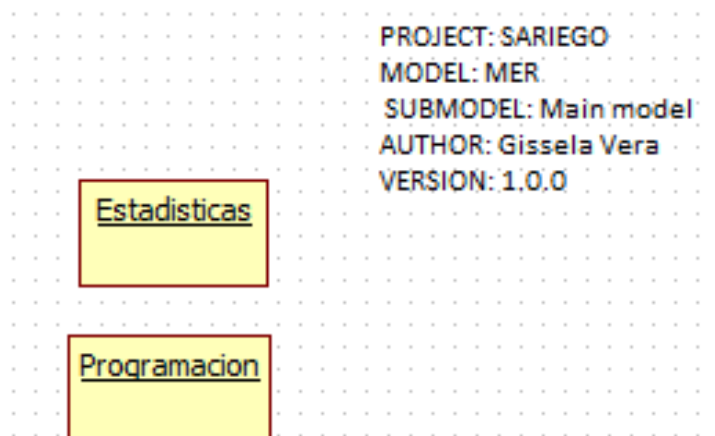
4.2.3.3. Diseño de Base de Datos

Figura 49: Diseño de base de datos



4.2.3.3.1. Modelo Entidad Relación

Figura 50: Modelo entidad relación



4.2.3.3.2. Diccionario de Datos

Tabla Estadisticas

Columns

Key	Column name	Domain	Data type	Not null	Unique	Check	Default
PK	Secuencia		Integer	YES	NO		
	Zona		nvarchar(6)	YES	NO		
	Fecha_Inicio		nvarchar(10)	YES	NO		
	Fecha_Fin		nvarchar(10)	YES	NO		
	Horainicio		nvarchar(5)	NOT	NO		
	HoraFin		nvarchar(5)	NOT	NO		
	TipoProgramacion		nvarchar(30)	NOT	NO		

Relationships

Constraint (relationship) name	Relationship type	Parent table	Child table	Card.
SIN RELACIONES				

User-defined variables

Name	Value
Owner	dbo
Non clustered primary key	No
Primary key fill factor	
Data space for Table	PRIMARY
Data space for Primary key	PRIMARY
Text Filegroup for Table (TEXTIMAGE_ON)	

Tabla Programacion

Columns

Key	Column name	Domain	Data type	Not null	Unique	Check	Default
PK	Secuencia		Integer	YES	NO		
	tipo_programacion		nvarchar(30)	YES	NO		
	Zona		nvarchar(6)	YES	NO		

	Repite		Integer				
	Fecha_Inicio		nvarchar(10)	YES	NO		
	Fecha_Fin		nvarchar(10)	YES	NO		
	HoraInicio		nvarchar(5)	YES	NO		
	HoraFin		nvarchar(5)	YES	NO		
	ESTADO		Integer	YES	NO		

Relationships

Constraint (relationship) name	Relationship type	Parent table	Child table	Card.
SIN RELACIONES				

User-defined variables

Name	Value
Owner	dbo
Non clustered primary key	No
Primary key fill factor	
Data space for Table	PRIMARY
Data space for Primary key	PRIMARY
Text Filegroup for Table (TEXTIMAGE_ON)	

4.2.4. Desarrollo

En esta fase se realiza la codificación del sistema y la base de datos. Se aplican el estándar de programación de código fuente CamelCase (Tipo UpperCamelCase).

4.2.4.1. Base de Datos.

En base a los digramas entidad relación se crean los objetos (Tablas, procedimientos, vistas) de la BD con sus respectivas entidades y tipo de datos, la BD es desarrolla en Microsoft Sql Server 2012.

4.2.4.2. Aplicación.

Se utiliza Visual Studio 2012 para el desarrollo de la aplicación, se crean las pantallas de acuerdo a los CU creados.

4.2.5. Implantación

Se realizó la implantación del sistema en la finca El Paraíso en el cultivo de pimiento, y la instalación de las cañerías, aspersores, la bomba de agua, electroválvulas y demás accesorios.

Una vez instalado, se realizan pruebas de usuarios durante 2 días, y se deja funcionando por 3 meses con constante monitoreo de las funciones y el resultado de dichas pruebas se describe en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Pruebas y resultados

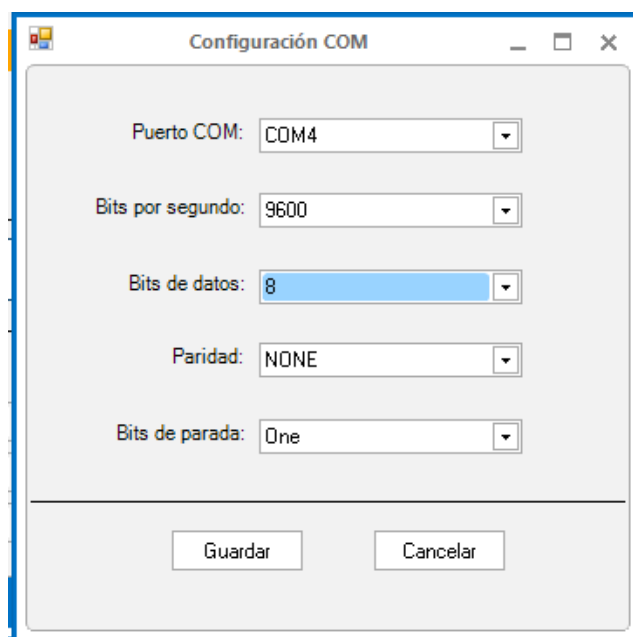
5.1.1. Pruebas de Ejecución

Las pruebas de calidad y rendimiento del sistema se realizaron en el siguiente orden en el módulo electrónico y reportes del software.

➤ Configurar Puerto COM

Se configura los parámetros necesarios para la comunicación entre el XBee y el sistema.

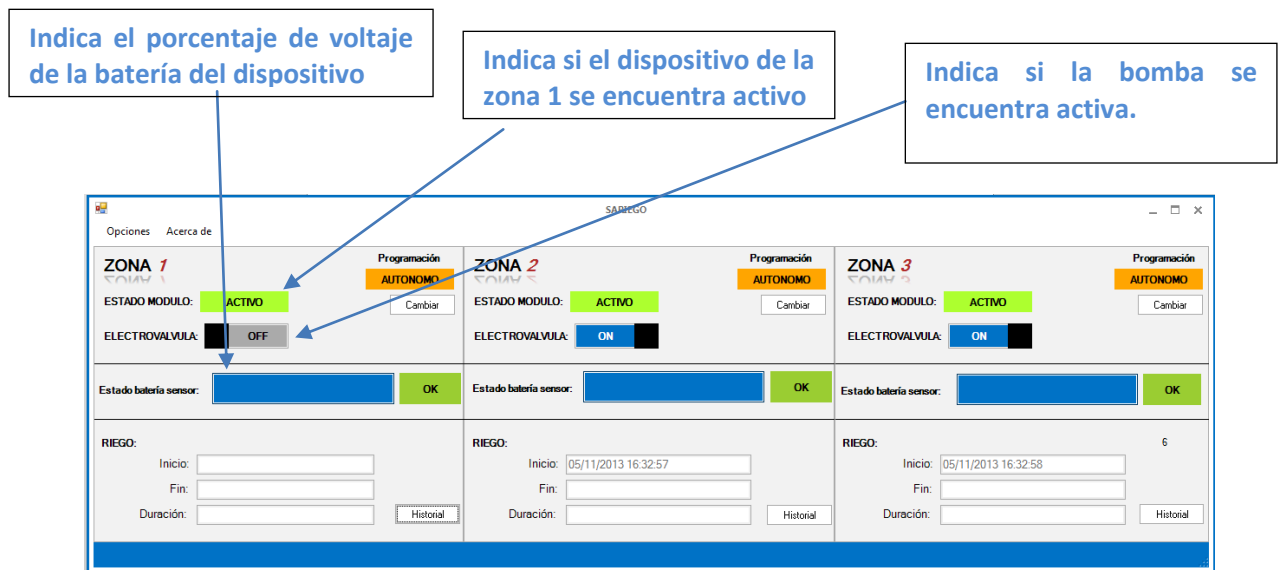
Figura 51: Configurar puertoCom



- **Monitor de Riego.**

Se prueba la aplicación con el sensor 1 y 2 en pantalla se verifica que la zona 1 y 2 se encuentran activos y la zona 3 inactiva.

Figura 52: Estados de riego



➤ Programación manual

La programación manual le permite al usuario controlar la irrigación del cultivo de acuerdo a las actividades programada.

Figura 53: Monitor de riego encendido



Cuando uno de los dispositivos solicita que se activen los aspersores, se envía la orden y se activa la bomba y la electroválvula correspondiente para regar el área que envió la orden.

5.1.2. Hardware Utilizado para las Pruebas

Para la ejecución de las pruebas se utilizó una estación de trabajo con las siguientes características:

- CPU: Intel Core i3 Duo 2.13 GHz.
- RAM: 4 Gb.
- HDD: 500 Gb.

5.2. Resultado de la comprobación de hipótesis

5.2.1. Variable Independiente

5.2.1.1. Software

El sistema **SARIEGO**, mediante su interfaz amigable y sencilla otorga confiabilidad y usabilidad ágil al usuario, permitiéndole familiarizarse rápidamente con su uso.

SARIEGO facilita el trabajo del agricultor automatizando la actividad de irrigación, y el panel de monitoreo permite ver cada una de las actividades que se realizan, además **SARIEGO** le permite escoger al usuario el tipo de programación entre manual o automático.

5.2.1.2. Hardware

Los dispositivos electrónicos de SARIEGO ofrecen confiabilidad ya que envía periódicamente los datos obtenidos del sensor de humedad mediante la red inalámbrica, lo que permite tener la información al instante y poder procesar la trama para determinar si se enciende o se apaga la bomba.

SARIEGO optimiza el uso de recursos hídricos destinado para el riego con el encendido y apagado de la bomba sólo cuando se necesite el riego, además permite regar sólo las zonas que lo necesitan.

5.2.2. Variable Dependiente

5.2.2.1. Económico.

El sistema SARIEGO optimiza el uso del recurso hídrico ya que controlando el encendido y apagado de la bomba se disminuirá el consumo del mismo.

5.2.2.2. Personal

Se disminuirá la carga de trabajo generada por la actividad de riego manual, por lo que sólo se necesitará una persona encargada de monitorear el sistema luego de implementar **SARIEGO**.

5.2.2.3. Tiempo

El tiempo utilizado para el riego manual se disminuye con la implementación del sistema, ya que con el monitoreo constante y riego automático, las personas destinadas para esta actividad se dedicaran a otras tareas.

5.3. Análisis de resultados

Mediante la aplicación del sistema **SARIEGO**, el agricultor cuenta con una herramienta efectiva que le permite tener mejor control sobre el riego en el cultivo, ya que constantemente se está sensando la humedad del suelo para poder activar el riego en la zona que lo necesita. Mediante reportes estadísticos de las actividades de riego le muestra al agricultor la frecuencia con la que se realiza el riego obteniendo conocimientos más sólidos sobre ésta actividad tan importante. Además se notó en las parcelas en las que se realizó las pruebas

mejoras en la producción en relación al resto del cultivo en las que se realizó riego manual durante el periodo de prueba.

Tabla 24: Cuadro comparativo consumo de agua en m³

	Zonas	Usando SARIEGO				Sin el uso de SARIEGO			
		Meses				Meses			
		Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL	Oct.	Nov.	Dic.	TOTAL
1	Zona 1	56.4	52.59	51.9	160.89	120.17	141.03	120.6	381.8
1	Zona 2	48.3	53.90	52.21	154.41	112.17	139.2	139	390.37
1	Zona 3	36.38	57.09	47.09	140.56	116.63	140.3	129.2	386.13
TOTAL		455.86				1158.3			
MEDIA		151.95				386.1			
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		8.48				3.50			

La tabla anterior muestra el consumo de agua en m³ por cada una de las zonas o parcelas en un total de 75m² de terreno (25 m² de terreno por parcela). Como se puede observar la media del grupo observado que se obtuvo usando **SARIEGO** es 151.95 y la media del grupo que no usó **SARIEGO** es 1158.3; la diferencia entre los dos grupos es evidente, se busca demostrar si la diferencia es significativa o si ésta ocurre por mera casualidad.

H₀ = La implantación de un sistema con red inalámbrica de sensores de humedad, no incrementará la eficiencia del consumo de recursos hídricos en el riego agrícola.

De igual forma se plantea una hipótesis alterna:

H_a = La implantación de un sistema con red inalámbrica de sensores de humedad, incrementará la eficiencia del consumo de recursos hídricos en el riego agrícola.

Se calcula el error estándar de la diferencia entre dos medias, lo cual también se lo conoce como margen de error de la prueba t.

$$S_{x_1-x_2} = \sqrt{\frac{\sum x_1^2 + \sum x_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

$$S_{x_1-x_2} = \sqrt{\frac{8.48 + 3.50}{3 + 3 - 2} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)}$$

$$S_{x_1-x_2} = 2$$

El valor de **2** es la diferencia esperada entre ambos grupos, se verifica la siguiente pregunta:

¿Esta diferencia es lo suficientemente mayor que la diferencia prevista como para poder rechazar la hipótesis de nulidad?

Para esto, se obtiene la razón de ambos números, lo que se conoce como razón t.

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{x_1-x_2}}$$

$$T = \frac{151.95 - 386.1}{2}$$

$$T = -117.08$$

La diferencia observada es de **117.08** veces mayor que la esperada, según una verdadera hipótesis de nulidad. **¿Es lo suficientemente grande para rechazar la hipótesis de nulidad a nivel 0.05?**; para despejar esta duda se calcula los **grados de libertad (gl)**.

$$gl = n1 + n2 - 2$$

$$gl = 3 + 3 - 2$$

$$gl = 4$$

Con 4 grados de libertad, a un nivel de 0.05 y basándose en la tabla T-STUDENT se encuentra una razón de t de **2.1318**.

La razón calculada de **117.08** es mayor que **2.1318**, lo que demuestra que la diferencia antes de usar **SARIEGO** y después de usar **SARIEGO**, es mayor que el valor que se necesitaba para rechazar la hipótesis de nulidad al nivel de significación de 0.05; por lo tanto, los datos son suficientemente significativos para llegar a la conclusión que la diferencia no depende de la casualidad y se acepta **Ha**.

117.08 > 2.1318; se acepta la hipótesis alterna y se puede asegurar que:

La implantación de un sistema con red inalámbrica de sensores de humedad, incrementará la eficiencia del consumo de recursos hídricos en el riego agrícola.

El sistema informático **SARIEGO**, es una herramienta de trabajo capaz de optimizar el recurso hídrico así como también disminuir el tiempo dedicado a las labores de riego manual.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Mediante el uso de dispositivos XBee Pro se logró configurar una red de datos de tipo malla que permitió una comunicación inalámbrica broadcast entre los sensores de humedad ubicados con un alcance de 25 mtrs entre los diferentes lugares del cultivo de pimiento de la finca el Paraíso.
- Con la implementación de sensores de humedad DF000202 en el cultivo de pimiento de la finca el Paraíso, se logró medir la humedad del suelo agrícola determinando el momento adecuado para el riego del cultivo y permitiendo el ahorro del 60% de m³ de agua entre los meses de octubre a diciembre del 2013.
- El agricultor puede aplicar tiempos de riego de 1 a varias horas a voluntad propia mediante la configuración del sistema para no depender de los sensores de humedad, siendo ésta una opción que puede ser elegida a criterio del agricultor.
- Mediante encuestas realizadas al personal de la finca el paraíso, el 100% de los encuestados indicaron que no se realiza ningún registro de actividades de riego, motivo por el cual se creó un módulo de reportes en donde se muestra el historial de las actividades de riego realizadas, permitiendo al agricultor observar la cantidad de horas de riego invertidas en el cultivo.

6.2. Recomendaciones

Analizar las ventajas y desventajas que caracterizan a cada una de las diversas posibilidades, puesto que todas ellas han sido diseñadas con el fin de optimizar los recursos disponibles de acuerdo a las necesidades agronómicas, antes de realizar una implementación de riego tecnificado.

Ejecutar la implementación de los sistemas de riego en una etapa previa a la germinación del cultivo, ya que la realización de actividades sobre el suelo durante dicha etapa podría afectar los resultados de producción.

Limpiar periódicamente los filtros de la succión y la descarga del sistema, así como los filtros individuales de los respectivos aspersores, ya que la presencia de impurezas puede disminuir la eficiencia del sistema.

Para poder obtener mejores resultados en el riego por aspersión, se debe tomar en cuenta todos los parámetros disponibles para el diseño, como son el viento, el agua, el tipo de cultivo, el voltaje de línea, el tipo de suelo, etc., ya que de ellos dependerá la eficiencia y uniformidad del riego, así como el resultado en la producción del cultivo.

CAPÍTULO VII

LITERATURA CITADA

7.1. Bibliografía

Ayuso, Á. N. (2010). *Tutorial para la configuración de XBee*.

Perkins, C., Belding-Royer, E., & Das, S. (2003). *Ad hoc On-Demand Distance*

Caprile, S. (2008). *XBee y XBee-PRO 802.15.4*. Buenos Aires: Cika.

Durango, J. (2001). *Compendio de Información relevante sobre aspectos de seguridad alimentaria en Manabí*. Quito - Ecuador: PESAE.

Francisco, L. Z. (2001). *Nociones de Metodología de Investigación Científica* (Quinta ed.). Quito, Pichincha, Ecuador: Dimaxi.

González, P. (2007). *Introducción al riego y drenaje*. Instituto de Investigaciones del Riego y Drenaje. Cuba.

The Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2006). *IEEE 802.15.4 Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specifications for Low – Rate Wireless Personal Area Networks*. New York, USA

Martin, J. (2009). *Instalaciones domóticas*. Madrid: Editex, S.A.

Oyarce, A. (2010). *Guía del Usuario XBEE Series 1*. Santiago - Chile.

Leiva Zea, F. (2002). *Nociones de metodología de investigación científica* (Quinta edición). Quito.

Reyes, C. (2008). *Microcontroladores PIC* (Tercera ed., Vol. I). Quito: Rispergraf.

Sensor Intelligence. (2012). *Redes de Sensores Inalámbricos para Agricultura*. Recuperado el 22 de Mayo de 2013, de GALTEL: Redes de Sensores Inalámbricos para Agricultura.

Tamayo, T. (1999). *La investigación*. Bogotá: Arfo Editores.

Rueda Chacón, J. (2006). *Aplicación de la metodología rup para el desarrollo rápido de aplicaciones basado en elestándar j2ee*. Guatemala.

7.2. Enlaces web

Alliance, Z. (01 de 2008). *ZigBee Specification 05347r17*. Recuperado el 29 de 09 de 2013, de www.zigBee.org.

Calveiro, S. J. (2013). *El exceso hídrico*. Recuperado el 23 de 07 de 2013, de La Rural Semillería : http://www.semillasrural.com.ar/nueva_web/index_ajax_nuevo.php?op=5&sub=2&item=10

Cereso, O. E. (13 de Febrero de 2012). *Desarrollan un sistema de riego inteligente* . Recuperado el 16 de Mayo de 2013, de Argentina Investiga: [http://infouniversidades.siu.edu.ar/noticia.php?titulo=desarrollan_un_sistema de_riego_inteligente&id=1519](http://infouniversidades.siu.edu.ar/noticia.php?titulo=desarrollan_un_sistema_de_riego_inteligente&id=1519)

Dignani, J. P. (2011). *ANÁLISIS DEL PROTOCOLO ZIGBEE*. Recuperado el 29 de 09 de 2013, de http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Especializaciones/Redes_y_Seguridad/Trabajos_Finales/Dignanni_Jorge_Pablo.pdf

Dignani, J. P.-D. (05 de 2008). *Interconectando sistemas de Domótica*. Recuperado el 29 de 09 de 2013, de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/20551>

González Castellanos, R., Yll Lavín, M., & Curiel Lorenzo, L. (Diciembre de 2003). *Metodología de la Investigación Científica para las Ciencias Técnicas*. Recuperado el 08 de 10 de 2013, de <http://www.bibliociencias.cu/gsdll/collect/libros/index/assoc/HASH0135.dir/doc.pdf>

Nancy Belén. (03 de 06 de 2008). *noreply@blogger.com*. Recuperado el 27 de 09 de 2013, de Lenguajes De Programacion: <http://belencompila.blogspot.com/feeds/posts/default?orderby=updated>

MaxStream. (2005). *Módulos RF versión OEM*. Recuperado el 29 de 09 de 2013, de <http://www.c-stamp.com/Documents/Documentation/CS47300Xd2.pdf>

MCI Electronics. (2013). *Módulos de transmisión inalámbricas*. Recuperado el 24 de 05 de 2012, de XBEE.CL: <http://www.xbee.cl/>

Microsoft. (2012). *Desarrollo sobre SQL 2012*. Obtenido de <https://www.microsoft.com/es-xl/sqlserver/future-editions/cloud-computing/SQL-Server-2012-programmability.aspx>

Microsoft. (2013). *Conceptos básicos sobre bases de datos*. Recuperado el 2013 de 09 de 29, de <http://office.microsoft.com/es-mx/access-help/conceptos-basicos-sobre-bases-de-datos-HA010064450.aspx>

Microsoft. (2013). *Microsoft Visual Studio Ultimate 2012*. Recuperado el 29 de 09 de 2013, de <http://www.microsoft.com/es-mx/download/details.aspx?id=30678>

Microsoft. (2013). *Novedades de Visual Studio 2012*. Recuperado el 29 de 09 de 2013, de Novedades de Visual Studio 2012: <http://www.microsoft.com/visualstudio/esn/whats-new#story-whats-new>

Moneo, M. (2004). *Cultivos*. Recuperado el 23 de 05 de 2013, de Enviromental Science Published for Everybody Round the Earth: http://www.atmosphere.mpg.de/enid/1__Pasado_y_presente/_cultivos_1u2.html

Patiño, J. J. (2010). *SQL Server*. Recuperado el 29 de 09 de 2013, de <http://www.slideshare.net/JJRP80/sql-server-3390264>

Salgado, I. V. (2012). *ZigBee y sus aplicaciones*. Recuperado el 29 de 09 de 2013, de <http://www.dea.icae.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/>

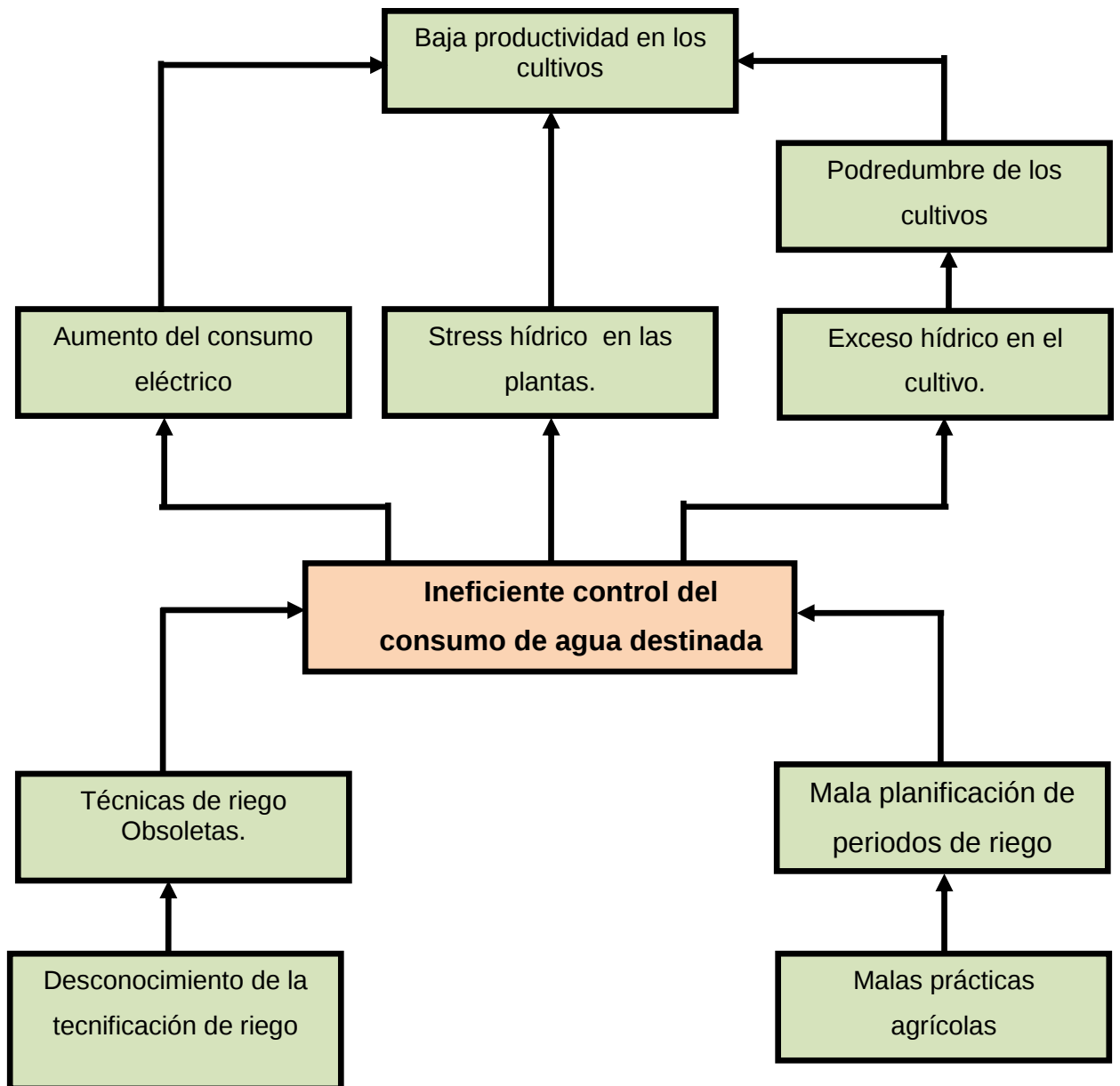
Simone, R. (2011). *PICKit 2 Manual de usuario*. Recuperado el 01 de 10 de 2013, de <http://www.edudevices.com.ar/>

Vélez Marcillo, Arturo Paolo. (2012). *Creación e implantación de un sistema de riego para mejorar la producción de plátano en la propiedad del sr francisco ramón vélez cedeño, en el cantón el carmen*. Recuperado el 09 de 02 de 2015, de <http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/1143/1/COMUNIDAD%20DE%20LOS%20ANGELES%20DE%20COLON%20DEL%20CANTON%20PORTOVIEJO..pdf>

CAPÍTULO VIII

ANEXOS

ÁRBOL DE PROBLEMAS



PLANIFICACIÓN.

Cuadro de actividades

		Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1			Investigación y análisis	10 días	jue 18/07/13	mié 31/07/13
2			Especificación de Requisitos	8 días	vie 09/08/13	mar 20/08/13
3			Modelado del negocio y de requisitos (UML)	17 días	mar 03/09/13	mié 25/09/13
4			Diseño y desarrollo de la BD	10 días	jue 26/09/13	mié 09/10/13
5			Diseño y programación del hardware	32 días	vie 11/10/13	lun 25/11/13
6			Diseño de interfaces de usuario (Software)	8 días	mar 26/11/13	jue 05/12/13
7			Programación de la aplicación de escritorio	44 días	vie 06/12/13	mié 05/02/14
8			Pruebas del sistema	7 días	jue 06/02/14	vie 14/02/14
9			Depuración del sistema	8 días	lun 17/02/14	mié 26/02/14
10			Elaboración de documentos y manuales de usuario	10 días	jue 27/02/14	mié 12/03/14



INGENIERÍA EN SISTEMAS

Encuesta dirigida a los empleados agricultores de la Finca El Paraíso

Objetivo: Conocer la opinión de los usuarios acerca de las actividades que se realizan al realizar el riego de cultivos.

1. ¿Cuál es la disponibilidad de agua para el riego por turnos en la Finca El Paraíso?

☐ Suficiente ☐ Insuficiente

2. ¿Qué tipo de riego utilizan en la finca El Paraíso?

☐ Gravedad ☐ Aspersión ☐ Goteo ☐ Otro

3. ¿De donde proviene el agua que utiliza para el riego del cultivo de la finca?

☐ Red pública ☐ Pozo ☐ Cisterna ☐ Ríos ☐ Otro

4. ¿Cree usted que la implementación de un sistema de riego automático con sensores de humedad mejorará la producción de los cultivos de la Finca El Paraíso?

☐ Sí ☐ No ☐ No estoy seguro

5. ¿En que se basan para determinar el momento adecuado para realizar el riego?

☐ Clima ☐ Experiencia ☐ Intuición

6. ¿Cuántas horas les toma realizar el riego a todo el cultivo de pimiento en la Finca?

☐ 1 a 2

☐ 3 a 5

☐ 6 a 8

☐ mas de 8 horas

7. ¿Llevan algun registro de las actividades de riego que realiza en el cultivo de pimiento?

☐ Si

☐ No

8. ¿Cuentan con un sistema automático para el riego del cultivo de pimiento?

☐ Si

☐ No

TABLA T-STUDENT

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800

50	0.6794	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778
51	0.6793	1.2984	1.6753	2.0076	2.4017	2.6757
52	0.6792	1.2980	1.6747	2.0066	2.4002	2.6737
53	0.6791	1.2977	1.6741	2.0057	2.3988	2.6718
54	0.6791	1.2974	1.6736	2.0049	2.3974	2.6700
55	0.6790	1.2971	1.6730	2.0040	2.3961	2.6682
56	0.6789	1.2969	1.6725	2.0032	2.3948	2.6665
57	0.6788	1.2966	1.6720	2.0025	2.3936	2.6649
58	0.6787	1.2963	1.6716	2.0017	2.3924	2.6633
59	0.6787	1.2961	1.6711	2.0010	2.3912	2.6618
60	0.6786	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603
61	0.6785	1.2956	1.6702	1.9996	2.3890	2.6589
62	0.6785	1.2954	1.6698	1.9990	2.3880	2.6575
63	0.6784	1.2951	1.6694	1.9983	2.3870	2.6561
64	0.6783	1.2949	1.6690	1.9977	2.3860	2.6549
65	0.6783	1.2947	1.6686	1.9971	2.3851	2.6536
66	0.6782	1.2945	1.6683	1.9966	2.3842	2.6524
67	0.6782	1.2943	1.6679	1.9960	2.3833	2.6512
68	0.6781	1.2941	1.6676	1.9955	2.3824	2.6501
69	0.6781	1.2939	1.6672	1.9949	2.3816	2.6490
70	0.6780	1.2938	1.6669	1.9944	2.3808	2.6479
71	0.6780	1.2936	1.6666	1.9939	2.3800	2.6469
72	0.6779	1.2934	1.6663	1.9935	2.3793	2.6458
73	0.6779	1.2933	1.6660	1.9930	2.3785	2.6449
74	0.6778	1.2931	1.6657	1.9925	2.3778	2.6439
75	0.6778	1.2929	1.6654	1.9921	2.3771	2.6430
76	0.6777	1.2928	1.6652	1.9917	2.3764	2.6421
77	0.6777	1.2926	1.6649	1.9913	2.3758	2.6412
78	0.6776	1.2925	1.6646	1.9908	2.3751	2.6403
79	0.6776	1.2924	1.6644	1.9905	2.3745	2.6395
80	0.6776	1.2922	1.6641	1.9901	2.3739	2.6387
81	0.6775	1.2921	1.6639	1.9897	2.3733	2.6379
82	0.6775	1.2920	1.6636	1.9893	2.3727	2.6371
83	0.6775	1.2918	1.6634	1.9890	2.3721	2.6364
84	0.6774	1.2917	1.6632	1.9886	2.3716	2.6356
85	0.6774	1.2916	1.6630	1.9883	2.3710	2.6349
86	0.6774	1.2915	1.6628	1.9879	2.3705	2.6342
87	0.6773	1.2914	1.6626	1.9876	2.3700	2.6335
88	0.6773	1.2912	1.6624	1.9873	2.3695	2.6329
89	0.6773	1.2911	1.6622	1.9870	2.3690	2.6322
90	0.6772	1.2910	1.6620	1.9867	2.3685	2.6316
91	0.6772	1.2909	1.6618	1.9864	2.3680	2.6309
92	0.6772	1.2908	1.6616	1.9861	2.3676	2.6303
93	0.6771	1.2907	1.6614	1.9858	2.3671	2.6297
94	0.6771	1.2906	1.6612	1.9855	2.3667	2.6291
95	0.6771	1.2905	1.6611	1.9852	2.3662	2.6286
96	0.6771	1.2904	1.6609	1.9850	2.3658	2.6280
97	0.6770	1.2903	1.6607	1.9847	2.3654	2.6275
98	0.6770	1.2903	1.6606	1.9845	2.3650	2.6269
99	0.6770	1.2902	1.6604	1.9842	2.3646	2.6264
100	0.6770	1.2901	1.6602	1.9840	2.3642	2.6259
∞	0.6745	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758

CÓDIGO FUENTE

➤ Tablas

```
USE [BDSariego]
GO
/***** Object: Table [dbo].[Estadisticas]    Script Date: 15/02/2014 22:07:48
*****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Estadisticas](
    [Secuencia] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [Zona] [nvarchar](6) NOT NULL,
    [Fecha_Inicio] [nvarchar](10) NOT NULL,
    [Fecha_Fin] [nvarchar](10) NOT NULL,
    [HoraInicio] [nvarchar](5) NULL,
    [HoraFin] [nvarchar](5) NULL,
    [TipoProgramacion] [nvarchar](30) NULL,
    CONSTRAINT [PK_Estadisticas] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [Secuencia] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO
/***** Object: Table [dbo].[Programacion]    Script Date: 15/02/2014 22:07:49
*****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE TABLE [dbo].[Programacion](
    [Secuencia] [int] IDENTITY(1,1) NOT NULL,
    [tipo_programacion] [nvarchar](30) NOT NULL,
    [Zona] [nvarchar](6) NOT NULL,
    [Repite] [int] NOT NULL,
    [fecha_Inicio] [nvarchar](10) NOT NULL,
```

```

        [Fecha_Fin] [nvarchar](10) NOT NULL,
        [Hora_Inicio] [nvarchar](5) NOT NULL,
        [Hora_Fin] [nvarchar](5) NOT NULL,
        [ESTADO] [int] NOT NULL,
CONSTRAINT [PK_Programacion] PRIMARY KEY CLUSTERED
(
    [Secuencia] ASC
)WITH (PAD_INDEX = OFF, STATISTICS_NORECOMPUTE = OFF, IGNORE_DUP_KEY = OFF,
ALLOW_ROW_LOCKS = ON, ALLOW_PAGE_LOCKS = ON) ON [PRIMARY]
) ON [PRIMARY]

GO

```

Procedimientos Almacenados

✓ Insertar

```

/***** Object:  StoredProcedure [dbo].[spGuardarActividad]    Script Date:
15/02/2014 22:07:48 *****/
SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE procedure [dbo].[spGuardarActividad]
    @Zona nchar(10),
    @Fecha_Inicio nvarchar(10),
    @Fecha_Fin nvarchar(10),
    @Hora_Inicio nvarchar(5),
    @Hora_Fin nvarchar(5),
    @Tipo_Programacion nchar(10)

as
DECLARE @ID INTEGER
begin
    insert into Estadisticas (Zona, fecha_inicio,
fecha_fin,HoraInicio,HoraFin, TipoProgramacion) values
(@Zona,@Fecha_Inicio,@Fecha_Fin,@Hora_Inicio,@Hora_Fin,@Tipo_Programacion);
    select @ID = @@IDENTITY
end

```

```

GO

/***** Object:  StoredProcedure [dbo].[spGuardarProgramacion]    Script Date:
15/02/2014 22:07:48 *****/

SET ANSI_NULLS ON
GO
SET QUOTED_IDENTIFIER ON
GO
CREATE procedure [dbo].[spGuardarProgramacion]
    @Zona nchar(10),
    @tipo_programacion nvarchar(30),
    @Repite int,
    @fecha_Inicio nvarchar(10),
    @Fecha_Fin nvarchar(10),
    @Hora_Inicio nvarchar(5),
    @Hora_Fin nvarchar(5),
    @estado bit
as
DECLARE @ID INTEGER
begin
    update Programacion set estado =0 where zona=@Zona;
    insert into Programacion (tipo_programacion, Zona, Repite
,fecha_Inicio, Fecha_Fin, Hora_Inicio, Hora_Fin,ESTADO )
    values
(@tipo_programacion,@Zona,@Repite,@Fecha_Inicio,@Fecha_Fin,@Hora_Inicio,@Hora_Fin
,@estado);
    select * from Programacion where estado =1;
end

GO

```

4.2.5.1. Clases

➤ Acceso Datos.

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Data.SqlClient;
using EntidadNegocio;

```

```

namespace AccesoDato
{
    public class ProgramacionAD
    {
        private SQLConexion conexion;
        private SqlParameter[] parametros;

        public ProgramacionAD()
        {
            try
            {
                conexion = new SQLConexion();
            }
            catch (Exception ex)
            {
                throw ex;
            }
        }

        public List<ProgramacionEN> Guardar(ProgramacionEN listProgramacion)
        {
            try
            {
                conexion.conectarDB();
                List<ProgramacionEN> listPorragaramcion = new
List<ProgramacionEN>(); ;
                ProgramacionEN programacionEN;
                SqlDataReader dataReader;
                if (listProgramacion != null)
                {
                    Array.Resize(ref parametros, 8);
                    // conexion.EmpezarTransaccion();
                    parametros[0] = new SqlParameter("@Zona",
listProgramacion.ZonaR);
                    parametros[1] = new SqlParameter("@Fecha_Inicio",
listProgramacion.fecha_inicioR);
                    parametros[2] = new SqlParameter("@Fecha_Fin",
listProgramacion.fecha_finR);
                    parametros[3] = new SqlParameter("@Repite",
listProgramacion.Repiter);
                    parametros[4] = new SqlParameter("@Hora_Inicio",
listProgramacion.hora_inicioR);
                    parametros[5] = new SqlParameter("@Hora_Fin",
listProgramacion.hora_finR);
                    parametros[6] = new SqlParameter("@estado",
listProgramacion.EstadoR);
                    parametros[7] = new SqlParameter("@tipo_programacion",
listProgramacion.TipoProgramacionR);
                    dataReader = conexion.ConsultaSQL("spGuardarProgramacion",
parametros);
                    if (dataReader != null)
                    {
                        while (dataReader.Read())
                        {
                            programacionEN = new ProgramacionEN();
                            programacionEN.SecuenciaR = dataReader.GetInt32(0);
                            programacionEN.TipoProgramacionR =
dataReader[1].ToString();
                            programacionEN.ZonaR = dataReader[2].ToString();

```

```

        programacionEN.RepiterR = dataReader.GetInt32(3);
        programacionEN.fecha_inicioR =
dataReader[4].ToString();
        programacionEN.fecha_finR = dataReader[5].ToString();
        programacionEN.hora_inicioR =
dataReader[6].ToString();
        programacionEN.hora_finR = dataReader[7].ToString();
        programacionEN.EstadoR = dataReader.GetInt32(8);
        listPorgragaramcion.Add(programacionEN);
    }
}
//    }
//    conexion.ConfirmarTransaccion();
//    conexion.CerrarConeccion();
//    return listPorgragaramcion;
}
catch (Exception ex)
{
    conexion.DeshacerTrasaccion();
    conexion.CerrarConeccion();
    throw ex;
}
}

public List<ProgramacionEN> ConsultarProgramacion()
{
    try
    {
        conexion.conectarDB();
        SqlDataReader dataReader;
        List<ProgramacionEN> listPorgragaramcion = new
List<ProgramacionEN>(); ;
        ProgramacionEN programacionEN;
        dataReader = conexion.ConsultaSQL("spConsultarProgramacion");
        if (dataReader != null)
        {
            while (dataReader.Read())
            {
                programacionEN = new ProgramacionEN();
                programacionEN.SecuenciaR = dataReader.GetInt32(0);
                programacionEN.TipoProgramacionR =
dataReader[1].ToString();
                programacionEN.ZonaR = dataReader[2].ToString();
                programacionEN.RepiterR = dataReader.GetInt32(3);
                programacionEN.fecha_inicioR = dataReader[4].ToString();
                programacionEN.fecha_finR = dataReader[5].ToString();
                programacionEN.hora_inicioR = dataReader[6].ToString();
                programacionEN.hora_finR = dataReader[7].ToString();
                programacionEN.EstadoR = dataReader.GetInt32(8);
                listPorgragaramcion.Add(programacionEN);
            }
        }
        return listPorgragaramcion;
    }
    catch (Exception ex)
    {
        conexion.DeshacerTrasaccion();
        conexion.CerrarConeccion();
        throw ex;
    }
}

```

```

    }

    public List<ProgramacionEN> DesactivarProgramacion(int secuencia)
    {
        try
        {
            conexion.conectarDB();
            SqlDataReader dataReader;
            List<ProgramacionEN> listPorgragaramcion = new
List<ProgramacionEN>(); ;
            ProgramacionEN programacionEN;
            Array.Resize(ref parametros, 1);
            // conexion.EmpezarTransaccion();
            parametros[0] = new SqlParameter("@Secuencia", secuencia);
            dataReader =
conexion.ConsultaSQL("spDesactivaProgramacion",parametros);
            if (dataReader != null)
            {
                while (dataReader.Read())
                {
                    programacionEN = new ProgramacionEN();
                    programacionEN.SecuenciaR = dataReader.GetInt32(0);
                    programacionEN.TipoProgramacionR =
dataReader[1].ToString();
                    programacionEN.ZonaR = dataReader[2].ToString();
                    programacionEN.Repiter = dataReader.GetInt32(3);
                    programacionEN.fecha_inicioR = dataReader[4].ToString();
                    programacionEN.fecha_finR = dataReader[5].ToString();
                    programacionEN.hora_inicioR = dataReader[6].ToString();
                    programacionEN.hora_finR = dataReader[7].ToString();
                    programacionEN.EstadoR = dataReader.GetInt32(8);
                    listPorgragaramcion.Add(programacionEN);
                }
            }
            return listPorgragaramcion;
        }
        catch (Exception ex)
        {
            conexion.DeshacerTrasaccion();
            conexion.CerrarConeccion();
            throw ex;
        }
    }
}
}
}

```

4.2.5.2. Formulario

FrmSARIEGO.

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

```

```

using DevComponents.WinForms;
using System.IO.Ports;
using LogicaNegocio;
using EntidadNegocio;
using System.Threading;
using System.Threading.Tasks;
using System.IO;
using System.Text;
using System.Xml;

namespace SARIEGO
{
    public partial class frmSARIEGO : DevComponents.DotNetBar.Office2007Form
    {
        int estadoDispositivo1 = 1000;
        int estadoDispositivo2 = 1000;
        int estadoDispositivo3 = 1000;
        ActividadRiegoEN actividadRiegoEN;
        ActividadRiegoLN GuardarRiegoLN;
        Thread ModoZ1;
        Thread ModoZ2;
        Thread ModoZ3;
        bool manual1 = false;
        bool manual2 = false;
        bool manual3 = false;

        string mydocpath =
Environment.GetFolderPath(Environment.SpecialFolder.MyDocuments);
        StringBuilder sb = new StringBuilder();

        public frmSARIEGO()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void frmSARIEGO_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            try
            {
                ConfigurarInterfaz();
                leerDatos();
                SHPort1.Handshake = Handshake.None;
                SHPort1.Open();
                ProgramacionLN consultarInicio = new ProgramacionLN();
                Program.listaProgramacionGlobal = consultarInicio.Consultar();
                SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
                SHPort1.WriteLine("ASPAF");
                SHPort1.WriteLine("ASPBFB");
                SHPort1.WriteLine("ASPCFB");
                //SHPort1.WriteLine("ASPCFB");
                // MessageBox.Show(DateTime.Now.ToString("dd/MM/yyyy HH:mm"));
            }
            catch (Exception ex)
            {
                MessageBox.Show(ex.Message.ToString());
            }
        }

        private void leerDatos()
        {

```

```

try
{
    XmlTextReader reader = new XmlTextReader("Configuracion.xml");
    reader.ReadStartElement("Configuracion");
    reader.ReadStartElement("ConfiguracionCOM");
    while (reader.Read())
    {
        switch (reader.NodeType)
        {
            case XmlNodeType.Element:
                if (reader.Name.Equals("NombrePuerto"))
                    SHPort1.PortName
=reader.ReadElementContentAsString();
                if (reader.Name.Equals("BitsxSegundo"))
                    SHPort1.BaudRate =
Convert.ToInt32(reader.ReadElementContentAsString());
                if (reader.Name.Equals("BitsDatos"))
                    SHPort1.DataBits =
Convert.ToInt32(reader.ReadElementContentAsString());
                if (reader.Name.Equals("Paridad"))
                    SHPort1.Parity = Parity.None;//
cboParidad.FindString(reader.ReadElementContentAsString());
                if (reader.Name.Equals("BitsParada"))
                    SHPort1.StopBits = StopBits.One;//
cboBitsParada.FindString(reader.ReadElementContentAsString());
                break;
            }
        }
        reader.Close();
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show("ERROR: " + ex.Message);
    }
}

private void ConfigurarInterfaz()
{
    this.lblModoZ1.BackColor = Color.Orange;
    this.lblModoZ2.BackColor = Color.Orange;
    this.lblModoZ3.BackColor = Color.Orange;
    this.lblEstadoZ1.BackColor = Color.Red;
    this.lblEstadoZ2.BackColor = Color.Red;
    this.lblEstadoZ3.BackColor = Color.Red;
    this.lblEstadoBateriaZ1.BackColor = Color.YellowGreen;
    this.lblEstadoBateriaZ2.BackColor = Color.YellowGreen;
    this.lblEstadoBateriaZ3.BackColor = Color.YellowGreen;
}

private void opcComunicacionCOM_Click(object sender, EventArgs e)
{
    frmConfiguracionCOM configPuertoCOM = new frmConfiguracionCOM();
    configPuertoCOM.ShowDialog();
}

private void opcSalir_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Close();
}

private void opcProgramacionRiego_Click(object sender, EventArgs e)
{

```

```

        frmProgramacion programacion = new frmProgramacion();
        programacion.ShowDialog();
    }

    private void SHPort1_DataReceived(object sender,
SerialDataReceivedEventArgs e)
    {
        try
        {
            CheckForIllegalCrossThreadCalls = false;
            SerialPort sp = (SerialPort)sender;
            string indata = sp.ReadLine();
            String pRUEBA = indata;
            if (!pRUEBA.Equals(""))
            {
                pRUEBA += " >> " + DateTime.Now.ToString() +
Environment.NewLine;
                txtPrueba.Text += pRUEBA.ToString();
                clSubProcesos.newThread(ProcesaTrama, indata);
            }
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message.ToString());
        }
    }

    public void ProcesaTrama(string trama)
    {
        string dispositivo= "";
        int voltaje_bateria;
        string ind_Bomba;
        try
        {
            string pRUEBA = trama;

            if (trama != "" && trama.ToString().Length >0)
            {
                dispositivo = trama.ElementAt(2).ToString();
                voltaje_bateria = Convert.ToInt32(trama.Substring(3,
trama.IndexOf("SH") -3));
                ind_Bomba = (trama.ElementAt((trama.IndexOf("SH") +
3))).ToString();

                IndiceBomba(dispositivo,voltaje_bateria);
                if (!manual1 && dispositivo.Equals("A"))
                {
                    activar_desactivarBomba(dispositivo, ind_Bomba);
                }
                if (!manual2 && dispositivo.Equals("B"))
                {
                    activar_desactivarBomba(dispositivo, ind_Bomba);
                }
                if (!manual3 && dispositivo.Equals("C"))
                {
                    activar_desactivarBomba(dispositivo, ind_Bomba);
                }
            }
        }
        catch (Exception ex)
        {

```

```

        // MessageBox.Show(ex.Message.ToString());
    }
}

public void activar_desactivarBomba(string dispositivo, string ind_Bomba)
{
    try
    {
        if (dispositivo == "A")
        {
            if (ind_Bomba.Equals("0") && sbElectrovalvulaZ1.Value ==
false)
            {
                sbElectrovalvulaZ1.Value = true;
                txtInicioZ1.Text = DateTime.Now.ToString();
                txtDuracionZ1.Text = "";
                txtFinZ1.Text = "";
            }
            else if (ind_Bomba.Equals("1") && sbElectrovalvulaZ1.Value ==
true)
            {
                sbElectrovalvulaZ1.Value = false;
                txtFinZ1.Text = DateTime.Now.ToString();
                txtDuracionZ1.Text =
(Convert.ToDateTime(txtFinZ1.Text).Subtract(Convert.ToDateTime(txtInicioZ1.Text)))
.ToString();

                //Guardar A LA BD
                actividadRiegoEN = new ActividadRiegoEN();
                actividadRiegoEN.ZonaR = "ZONA1";
                actividadRiegoEN.fecha_inicioR = txtInicioZ1.Text;
                actividadRiegoEN.fecha_finR = txtFinZ1.Text;
                actividadRiegoEN.Hora_inicioR =
Convert.ToDateTime(txtInicioZ1.Text).ToString("HH:mm");
                actividadRiegoEN.Hora_finR =
Convert.ToDateTime(txtFinZ1.Text).ToString("HH:mm");
                actividadRiegoEN.tipo_programacionR = lblModoZ1.Text;
                GuardarRiego(actividadRiegoEN);
            }
            estadoDispositivo1 -= 1;
        }
        if (dispositivo == "B")
        {
            if (ind_Bomba.Equals("0") && sbElectrovalvulaZ2.Value ==
false)
            {
                sbElectrovalvulaZ2.Value = true;
                txtInicioZ2.Text = DateTime.Now.ToString();
                txtDuracionZ2.Text = "";
                txtFinZ2.Text = "";
            }
            else if (ind_Bomba.Equals("1") && sbElectrovalvulaZ2.Value ==
true)
            {
                sbElectrovalvulaZ2.Value = false;
                txtFinZ2.Text = DateTime.Now.ToString();
                txtDuracionZ2.Text =
(Convert.ToDateTime(txtFinZ2.Text).Subtract(Convert.ToDateTime(txtInicioZ1.Text)))
.ToString();

                //Guardar A LA BD
                actividadRiegoEN = new ActividadRiegoEN();

```

```

        actividadRiegoEN.ZonaR = "ZONA2";
        actividadRiegoEN.fecha_inicioR =
Convert.ToDateTime(txtInicioZ2.Text).ToString("dd/MM/yyyy");
        actividadRiegoEN.fecha_finR =
Convert.ToDateTime(txtFinZ2.Text).ToString("dd/MM/yyyy");
        actividadRiegoEN.Hora_inicioR =
Convert.ToDateTime(txtInicioZ2.Text).ToString("HH:mm");
        actividadRiegoEN.Hora_finR =
Convert.ToDateTime(txtFinZ2.Text).ToString("HH:mm");
        actividadRiegoEN.tipo_programacionR = lblModoZ2.Text;
        GuardarRiego(actividadRiegoEN);
    }

    estadoDispositivo2 -= 1;
}
if (dispositivo == "C")
{
    if (ind_Bomba.Equals("0") && sbElectrovalvulaZ3.Value ==
false)
    {
        sbElectrovalvulaZ3.Value = true;
        txtInicioZ3.Text = DateTime.Now.ToString();
        txtDuracionZ3.Text = "";
        txtFinZ3.Text = "";
    }
    else if (ind_Bomba.Equals("1") && sbElectrovalvulaZ3.Value ==
true)
    {
        sbElectrovalvulaZ3.Value = false;
        txtFinZ3.Text = DateTime.Now.ToString();
        txtDuracionZ3.Text =
(Convert.ToDateTime(txtFinZ3.Text).Subtract(Convert.ToDateTime(txtInicioZ3.Text))
).ToString();

        //Guardar A LA BD
        actividadRiegoEN = new ActividadRiegoEN();
        actividadRiegoEN.ZonaR = "ZONA3";
        actividadRiegoEN.fecha_inicioR = txtInicioZ3.Text;
        actividadRiegoEN.fecha_finR = txtFinZ3.Text;
        actividadRiegoEN.Hora_inicioR =
Convert.ToDateTime(txtInicioZ3.Text).ToString("HH:mm");
        actividadRiegoEN.Hora_finR =
Convert.ToDateTime(txtFinZ3.Text).ToString("HH:mm");
        actividadRiegoEN.tipo_programacionR = lblModoZ3.Text;
        GuardarRiego(actividadRiegoEN);
    }
    estadoDispositivo3 -= 1;
}
}
catch (Exception ex)
{
    MessageBox.Show(ex.Message.ToString());
}
}

public void GuardarRiego(ActividadRiegoEN actividadRiego)
{
    try
    {
        GuardarRiegoLN=new ActividadRiegoLN();
        GuardarRiegoLN.Guardar(actividadRiego);
    }
}

```

```

        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message.ToString());
        }
    }

    public void IndiceBomba(string dispositivo, int voltaje_bateria)
    {
        try
        {
            if (dispositivo.Equals("A") &&
lblEstadoBateriaZ1.Text.Equals("OK") && voltaje_bateria <= 300)
            {
                lblEstadoBateriaZ1.Text = "CAMBIAR";
                this.lblEstadoBateriaZ1.BackColor = Color.Red;
            }
            else if (lblEstadoBateriaZ1.Text.Equals("CAMBIAR"))
            {
                lblEstadoBateriaZ1.Text = "OK";
                this.lblEstadoBateriaZ1.BackColor = Color.YellowGreen;
            }

            if (dispositivo.Equals("B") &&
lblEstadoBateriaZ2.Text.Equals("OK") && voltaje_bateria <= 300)
            {
                lblEstadoBateriaZ2.Text = "CAMBIAR";
                this.lblEstadoBateriaZ2.BackColor = Color.Red;
            }
            else if (lblEstadoBateriaZ2.Text.Equals("CAMBIAR"))
            {
                lblEstadoBateriaZ2.Text = "OK";
                this.lblEstadoBateriaZ2.BackColor = Color.YellowGreen;
            }

            if (dispositivo.Equals("C") &&
lblEstadoBateriaZ3.Text.Equals("OK") && voltaje_bateria <= 300)
            {
                lblEstadoBateriaZ3.Text = "CAMBIAR";
                this.lblEstadoBateriaZ3.BackColor = Color.Red;
            }
            else if (lblEstadoBateriaZ3.Text.Equals("CAMBIAR"))
            {
                lblEstadoBateriaZ3.Text = "OK";
                this.lblEstadoBateriaZ3.BackColor = Color.YellowGreen;
            }

            if (dispositivo.Equals("A"))
            { pNivelBateriaZ1.Value = ((voltaje_bateria + (voltaje_bateria -
100)) / 10); }
            if (dispositivo.Equals("B"))
            { pNivelBateriaZ2.Value = ((voltaje_bateria + (voltaje_bateria -
100)) / 10); }
            if (dispositivo.Equals("C"))
            { pNivelBateriaZ3.Value = ((voltaje_bateria + (voltaje_bateria -
1000)) / 10); }
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message.ToString());
        }
    }

    private void timer_Tick(object sender, EventArgs e)

```

```

{
    lbl1.Text = clSubProcesos.ListaHilos.Count().ToString();
    if (estadoDispositivo1 < 1000)
    {
        lblEstadoZ1.Text = "ACTIVO";
        lblEstadoZ1.BackColor = Color.GreenYellow;
    }
    else
    {
        lblEstadoZ1.Text = "INACTIVO";
        lblEstadoZ1.BackColor = Color.Red;
        estadoDispositivo1 = 1000;
    }

    if (estadoDispositivo2 < 1000)
    {
        lblEstadoZ2.Text = "ACTIVO";
        lblEstadoZ2.BackColor = Color.GreenYellow;
    }
    else
    {
        lblEstadoZ2.Text = "INACTIVO";
        lblEstadoZ2.BackColor = Color.Red;
        estadoDispositivo2 = 1000;
    }

    if (estadoDispositivo3 < 1000)
    {
        lblEstadoZ3.Text = "ACTIVO";
        lblEstadoZ3.BackColor = Color.GreenYellow;
    }
    else
    {
        lblEstadoZ3.Text = "INACTIVO";
        lblEstadoZ3.BackColor = Color.Red;
        estadoDispositivo3 = 1000;
    }
}

private void btnProgramacionZ1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        if (lblModoZ1.Text.Equals("AUTONOMO"))
        {
            if (VerificaRiesgoManual("ZONA1"))
            {
                SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
                SHPort1.WriteLine("ASPA0");
                SHPort1.WriteLine("ADW975SHA1END");
                activar_desactivarBomba("A", "1");
                ModoZ1 = new Thread(new ThreadStart(delegate {
HiloProgramacion("ZONA1"); }));
                lblModoZ1.Text = "MANUAL";
                manual1 = true;
                ModoZ1.Start();
            }
            else
            {
                lblModoZ1.Text = "AUTONOMO";
            }
        }
    }
}

```

```

        manual1 = false;
        MessageBox.Show("No hay programación establecida para la
zona 1");
    }
}
else if (lblModoZ1.Text.Equals("MANUAL"))
{
    SHPort1.Write("ASPAF");
    lblModoZ1.Text = "AUTONOMO";
    manual1 = false;
    ModoZ1.Abort();
}
}
catch (Exception ex)
{
    MessageBox.Show("Error " + ex.Message);
}
}

private void HiloProgramacion(string zona)
{
    ProgramacionEN temporal = new ProgramacionEN();
    int contador = 0;

    try
    {
        for (int i = 0; i < Program.listaProgramacionGlobal.Count; i++)
        {
            if
(Program.listaProgramacionGlobal[i].ZonaR.Trim().Equals(zona))
            {
                temporal = Program.listaProgramacionGlobal[i];
            }
        }
        while
(temporal.fecha_inicioR.CompareTo(DateTime.Now.ToString("dd/MM/yyyy")) < 0)
        {
            temporal.fecha_inicioR =
Convert.ToDateTime(temporal.fecha_inicioR).AddDays(temporal.Repiter).ToString("dd
/MM/yyyy");
        }
        catch (Exception ex)
        {
            MessageBox.Show(ex.Message.ToString());
        }
        while
(DateTime.Now.ToString("dd/MM/yyyy").CompareTo(temporal.fecha_finR)<=0 )
        {
            try
            {
                if (contador == 0)
                {
                    if (DateTime.Now.ToString("dd/MM/yyyy
HH:mm").Equals(temporal.fecha_inicioR + " " + temporal.hora_inicioR))
                    {
                        if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA1"))
                        {
                            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
                            SHPort1.WriteLine("ADW975SHA0END");
                            activar_desactivarBomba("A", "0");
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    else if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA2"))
    {
        SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
        SHPort1.WriteLine("ADX975SHB0END");
        activar_desactivarBomba("B", "0");
    }
    if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA3"))
    {
        SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
        SHPort1.WriteLine("ADY975SHB0END");
        activar_desactivarBomba("C", "0");
    }
}
if (DateTime.Now.ToString("dd/MM/yyyy
HH:mm").Equals(temporal.fecha_inicioR + " " + temporal.hora_finR))
{
    if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA1"))
    {
        SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
        SHPort1.WriteLine("ADW975SHA1END");
        activar_desactivarBomba("A", "1");

        if (temporal.TipoProgramacionR.Trim().Equals("Una
vez"))
        {
            lblModoZ1.Text = "AUTONOMO";
            manual1 = false;
            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
            SHPort1.WriteLine("ASPAF");
            eliminarProgramacion(temporal.SecuenciaR);
            this.ModosZ1.Abort();
        }
    }
    else if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA2"))
    {
        SHPort1.WriteLine("ADX975SHB1END");
        activar_desactivarBomba("B", "1");

        if (temporal.TipoProgramacionR.Trim().Equals("Una
vez"))
        {
            lblModoZ2.Text = "AUTONOMO";
            manual2 = false;
            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
            SHPort1.WriteLine("ASPBPF");
            eliminarProgramacion(temporal.SecuenciaR);
            this.ModosZ2.Abort();
        }
    }
    else if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA3"))
    {
        SHPort1.WriteLine("ADY975SHC1END");
        activar_desactivarBomba("C", "1");

        if (temporal.TipoProgramacionR.Trim().Equals("Una
vez"))
        {
            lblModoZ3.Text = "AUTONOMO";
            manual3 = false;
            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;

```

```

        SHPort1.WriteLine("ASPCF");
        eliminarProgramacion(temporal.SecuenciaR);
        this.Modoz3.Abort();
    }
}
temporal.fecha_inicioR =
Convert.ToDateTime(temporal.fecha_inicioR).AddDays(temporal.Repiter).ToString();
contador = 1;
    }
}
else
{
    if (DateTime.Now.ToString("dd/MM/yyyy
HH:mm").Equals(Convert.ToDateTime(temporal.fecha_inicioR).AddDays(temporal.Repiter).ToString("dd/MM/yyyy") + " " + temporal.hora_inicioR))
    {
        if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA1"))
        {
            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
            SHPort1.WriteLine("ADW975SHA1END");
            activar_desactivarBomba("A", "1");
        }
        else if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA2"))
        {
            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
            SHPort1.WriteLine("ADX975SHB1END");
            activar_desactivarBomba("B", "1");
        }
        if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA3"))
        {
            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
            SHPort1.WriteLine("ADY975SHC1END");
            activar_desactivarBomba("C", "1");
        }
    }
    if (DateTime.Now.ToString("dd/MM/yyyy
HH:mm").Equals(Convert.ToDateTime(temporal.fecha_inicioR).AddDays(temporal.Repiter) + temporal.hora_finR))
    {
        if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA1"))
        {
            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
            SHPort1.WriteLine("ADW975SHA0END");
            activar_desactivarBomba("A", "0");

            if (temporal.TipoProgramacionR.Trim().Equals("Una
vez"))
            {
                lblModoZ1.Text = "AUTONOMO";
                manual1 = false;
                SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
                SHPort1.WriteLine("ASPAF");
                eliminarProgramacion(temporal.SecuenciaR);
                this.Modoz1.Abort();
            }
        }
        else if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA2"))
        {
            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
            SHPort1.WriteLine("ADX975SHB0END");

```

```

        activar_desactivarBomba("B", "0");

        if (temporal.TipoProgramacionR.Trim().Equals("Una
vez"))

        {
            lblModoZ2.Text = "AUTONOMO";
            manual2 = false;
            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
            SHPort1.WriteLine("ASPAF");
            eliminarProgramacion(temporal.SecuenciaR);
            this.ModosZ2.Abort();
        }
    }
    if (temporal.ZonaR.Trim().Equals("ZONA3"))
    {
        SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
        SHPort1.WriteLine("ADY975SHC0END");
        activar_desactivarBomba("C", "0");

        if (temporal.TipoProgramacionR.Trim().Equals("Una
vez"))

        {
            lblModoZ3.Text = "AUTONOMO";
            manual3 = false;
            SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
            SHPort1.WriteLine("ASPAF");
            eliminarProgramacion(temporal.SecuenciaR);
            this.ModosZ3.Abort();
        }
    }
    temporal.fecha_inicioR =
Convert.ToDateTime(temporal.fecha_inicioR).AddDays(temporal.RepiterR).ToString();
    }
}
}
catch (Exception ex)
{
    MessageBox.Show("Error " + ex.Message);
}
}

private Boolean VerificaRiesgoManual( string Zona)
{
    for (int i = 0; i < Program.listaProgramacionGlobal.Count; i++)
    {
        if (Program.listaProgramacionGlobal[i].ZonaR.Trim().Equals(Zona))
        {
            return true;
        }
    }
    return false;
}

private void timerTemp_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    using (StreamWriter outfile = new StreamWriter(mydocpath +
@"\Archivos"+DateTime.Now.ToString("ddMMyyyy HHmm") + ".txt"))
    {
        outfile.Write(txtPrueba.Text);
        txtPrueba.Text = "";
    }
}

```

```

    }
}

private void btnProgramacionZ3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        if (lblModoZ3.Text.Equals("AUTOMATICO"))
        {
            if (VerificaRiesgoManual("ZONA3"))
            {
                SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
                SHPort1.WriteLine("ASPCO");
                SHPort1.WriteLine("ADY975SHC1END");
                activar_desactivarBomba("C", "1");
                ModoZ3 = new Thread(new ThreadStart(delegate {
HiloProgramacion("ZONA3"); }));
                lblModoZ3.Text = "MANUAL";
                manual3 = true;
                ModoZ3.Start();
            }
            else
            {
                lblModoZ3.Text = "AUTOMATICO";
                MessageBox.Show("No hay programación establecida para la
zona 3");
            }
        }
        else if (lblModoZ3.Text.Equals("MANUAL"))
        {
            SHPort1.Write("ASPCF");
            lblModoZ3.Text = "AUTOMATICO";
            ModoZ3.Abort();
        }
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show("Error " + ex.Message);
    }
}

private void btnProgramacionZ2_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        if (lblModoZ2.Text.Equals("AUTONOMO"))
        {
            if (VerificaRiesgoManual("ZONA2"))
            {
                SHPort1.NewLine = Environment.NewLine;
                SHPort1.WriteLine("ASPBO");
                SHPort1.WriteLine("ADX975SHB1END");
                activar_desactivarBomba("B", "1");
                ModoZ2 = new Thread(new ThreadStart(delegate {
HiloProgramacion("ZONA2"); }));
                lblModoZ2.Text = "MANUAL";
                manual2 = true;
                ModoZ1.Start();
            }
            else
            {

```

```

        lblModoZ2.Text = "AUTONOMO";
        MessageBox.Show("No hay programación establecida para la
zona 2");
    }
}
else if (lblModoZ2.Text.Equals("MANUAL"))
{
    SHPort1.Write("ASPBF");
    lblModoZ2.Text = "AUTONOMO";
    ModoZ2.Abort();
}
}
catch (Exception ex)
{
    MessageBox.Show("Error " + ex.Message);
}
}

private void eliminarProgramacion(int secuencia)
{
    try
    {
        ProgramacionLN progdesactiva = new ProgramacionLN();
        Program.listaProgramacionGlobal =
progdesactiva.DesactivarProgramacion(secuencia);
    }
    catch (Exception ex)
    {
        MessageBox.Show("Error " + ex.Message);
    }
}
}
}
}

```

4.2.5.3. Circuitos

Módulo de sensor de humedad.

➤ Módulo A.

```

$regfile = "m8def.dat"
$crystal = 8000000
Const Cmaxchar = 200
$baud=9600
$hwstack = 100
default use 32 for the hardware stack
$swstack = 100
'default use 10 for the SW stack
$framesize = 100

Config Portd.4 = Output
Config Portd.3 = Output
Config Portc.0 = Output

```

```

Config Portc.1 = Input
Config Portc.2 = Input
Config Portc.3 = Input

Config Portc.7 = Input
Dim A As Byte
Dim Ad As Word
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Config Timer2 = Timer , Prescale = 1024
On Ovf2 Intseg
Enable Ovf2
Enable Interrupts
Start Timer2
Do
    If Pinc.7 = 0 Then
        A = 1
    Else
        A = 0
    End If
    Ad = Getadc(0)
    Print "ADA" ; Ad ; "SHA" ; A ; "END"
    Waitms 200
Loop

Intseg:
    Timer2 = 0
    Portd.4 = 1
    Portd.3 = 1
    Portc.0 = 1
    Waitms 10
    Portd.4 = 0
    Portd.3 = 0
    Portc.0 = 0
    Return
End

```

➤ **Módulo B.**

```

$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 8000000
$baud = 9600
Const Cmaxchar = 200
$hwstack = 100
default use 32 for the hardware stack
$swstack = 100
'default use 10 for the SW stack
$framesize = 100

```

```

Config Portd.4 = Output
Config Portd.3 = Output
Config Portc.0 = Output

```

```

Config Portc.1 = Input
Config Portc.2 = Input

```

```

Config Portc.3 = Input

Config Portc.7 = Input
Dim A As Byte
Dim Ad As Word
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Dim Buf As String * 200
Dim S_mod2 As String * 200
Dim S_mod2_sub As String * 200

Dim D As Byte
Dim Ban3 As Byte
On Urxrc Rec_isr
Enable Urxrc
Enable Interrupts
Ban3 = 0

Do
If Pinc.7 = 0 Then
A = 1
Else
A = 0
End If
Ad = Getadc(0)
'Disable Interrupts
Print "ADB" ; Ad ; "SHB" ; A ; "END"
'Enable Interrupts
If Ban3 = 1 Then
Waitms 50
Print S_mod2
Ban3 = 0
End If
Portd.4 = 1
Portd.3 = 1
Portc.0 = 1
Waitms 100
Portd.4 = 0
Portd.3 = 0
Portc.0 = 0
Waitms 100
Loop
Rec_isr:
D = Udr
If D = 13 Then

S_mod2 = Buf
S_mod2_sub = Mid(s_mod2 , 2 , 3)
If S_mod2_sub = "ADA" Then
S_mod2_sub = "OK"
Ban3 = 1
End If

```

```

        Buf = ""
    Else
        Buf = Buf + Chr(d)
    End If
Return

$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 8000000
$baud = 9600
Const Cmaxchar = 200
$hwstack = 100
default use 32 for the hardware stack
$swstack = 100
'default use 10 for the SW stack
$framesize = 100

Config Portd.4 = Output
Config Portd.3 = Output
Config Portc.0 = Output
Config Portc.1 = Input
Config Portc.2 = Input
Config Portc.3 = Input

```

➤ Módulo C.

```

Config Portc.7 = Input
Dim A As Byte
Dim Ad As Word
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Dim Buf As String * 200
Dim S_mod4 As String * 200
Dim S_mod4_sub As String * 200
Dim D As Byte
Dim Ban4 As Byte

On Urxrc Rec_isr
Enable Urxrc
Enable Interrupts

Ban4 = 0

Do
If Pinc.7 = 0 Then
A = 1
Else
A = 0
End If
Ad = Getadc(0)
'Disable Interrupts
Print "ADC" ; Ad ; "SHC" ; A ; "END"

```

```

'Enable Interrupts
If Ban4 = 1 Then
    Waitms 50
    Print S_mod4
    Ban4 = 0
End If

Portd.4 = 1
Portd.3 = 1
Portc.0 = 1
Waitms 100
Portd.4 = 0
Portd.3 = 0
Portc.0 = 0
Waitms 100

Loop

Rec_isr:
    D = Udr
    If D = 13 Then
        Ban4 = 1
        S_mod4 = Buf
        Buf = ""
        S_mod4_sub = Mid(s_mod4 , 2 , 3)
        If S_mod4_sub = "ADB" Then
            S_mod4_sub = "OK"
            Ban4 = 1
        End If
    Else
        Buf = Buf + Chr(d)
    End If
Return

```

Módulo Activa Bomba.

```

$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 8000000
$baud = 9600
$hwstack = 300
default use 32 for the hardware stack
$swstack = 300
'default use 10 for the SW stack
$framesize = 300

```

```

Dim Buf As String * 40
Dim D As Byte
Dim Smaster As String * 15
Dim Ssub As String * 15
Dim Sa As String * 15
Dim La As Word

```

Dim Banbom1 As Byte

Dim Banbom2 As Byte

Dim Banbom3 As Byte

Dim Banbom4 As Byte

Dim Mana As Byte

Dim Manb As Byte

Dim Manc As Byte

Dim Asp As String * 5

Config Portd.4 = Output

Config Portd.3 = Output

Config Portc.0 = Output

Led1 Alias Portd.4

Led2 Alias Portd.3

Led3 Alias Portc.0

Config Porta.4 = Output

Config Porta.5 = Output

Config Porta.6 = Output

Config Porta.7 = Output

Electrovalvula1 Alias Porta.4

Electrovalvula2 Alias Porta.5

Electrovalvula3 Alias Porta.6

Bomba Alias Porta.7

Electrovalvula1 = 1

RELE ABIERTO VALVULA CERRADA

Electrovalvula2 = 1

Electrovalvula3 = 1

' EN 1 LA VÁLVULA ESTÁ EN N/A Y NO ESTA ENERGIZADA Y NO PASA
EL AGUA

Led1 = 0

Led2 = 0

Led3 = 0

Bomba = 0

Config Portc.7 = Input

Mana = 0

Manb = 0

Manc = 0

On Urxc Rec_isr

Enable Urxc

Enable Interrupts

```

Print "INICIA"

Do

'led1 = 0
'Waitms 100
'Led1 = 1
'Waitms 100

If Banbom2 = 1 And Banbom3 = 1 And Banbom4 = 1 Then
Bomba = 0
End If

If Banbom2 = 0 Or Banbom3 = 0 Or Banbom4 = 0 Then
Bomba = 1
End If

Loop

Rec_isr:
  D = Udr
    If D = 13 Then
      Smaster = Buf
      Buf = ""
      Ssub = Mid(smaster , 2 , 3)
      Asp = Mid(smaster , 2 , 5)

If Asp = "ASPAO" Then
Mana = 1
End If
If Asp = "ASPAF" Then
Mana = 0
End If

If Asp = "ASPBO" Then
Manb = 1
End If
If Asp = "ASPBF" Then
Manb = 0
End If

If Asp = "ASPCO" Then
Manc = 1
End If
If Asp = "ASPCF" Then
Manc = 0
End If

If Mana = 0 Then
  If Ssub = "ADA" Then
    La = Instr(smaster , "SHA")
    La = La + 3
    Sa = Mid(smaster , La , 1)

```

```

        If Sa = "1" Then
ESTA HÚMEDO
            Electrovalvula1 = 1
            Led1 = 0
            Banbom1 = 1
            Banbom2 = 1
            Else
            Electrovalvula1 = 0
            Led1 = 1
            Banbom2 = 0
        End If
    End If
End If

If Mana = 1 Then

    If Ssub = "ADW" Then
        La = Instr(smasteR , "SHA")
        La = La + 3
        Sa = Mid(smasteR , La , 1)
        If Sa = "1" Then
ESTA HÚMEDO
            Electrovalvula1 = 1
            Led1 = 0
            Banbom1 = 1
            Banbom2 = 1
            Else
            Electrovalvula1 = 0
            Led1 = 1
            Banbom2 = 0
        End If
    End If
End If

If Manb = 0 Then
    If Ssub = "ADB" Then
        La = Instr(smasteR , "SHB")
        La = La + 3
        Sa = Mid(smasteR , La , 1)
        If Sa = "1" Then
            Electrovalvula2 = 1
            Led2 = 0
            Banbom1 = 1
            Banbom3 = 1
            Else
            Electrovalvula2 = 0
            Led2 = 1
            Banbom3 = 0
        End If
    End If
End If

If Manb = 1 Then
    If Ssub = "ADX" Then

```

```

        La = Instr(smaster , "SHB")
        La = La + 3
        Sa = Mid(smaster , La , 1)
        If Sa = "1" Then
            Electrovalvula2 = 1
            Led2 = 0
            Banbom1 = 1
            Banbom3 = 1
        Else
            Electrovalvula2 = 0
            Led2 = 1
            Banbom3 = 0
        End If
    End If
End If

If Manc = 0 Then
    If Ssub = "ADC" Then
        La = Instr(smaster , "SHC")
        La = La + 3
        Sa = Mid(smaster , La , 1)
        If Sa = "1" Then
            Electrovalvula3 = 1
            Led3 = 0
            Banbom1 = 1
            Banbom4 = 1
        Else
            Electrovalvula3 = 0
            Led3 = 1
            Banbom4 = 0
        End If
    End If
End If

If Manc = 1 Then
    If Ssub = "ADY" Then
        La = Instr(smaster , "SHC")
        La = La + 3
        Sa = Mid(smaster , La , 1)
        If Sa = "1" Then
            Electrovalvula3 = 1
            Led3 = 0
            Banbom1 = 1
            Banbom4 = 1
        Else
            Electrovalvula3 = 0
            Led3 = 1
            Banbom4 = 0
        End If
    End If
End If
Else
    Buf = Buf + Chr(d)
End If
Return

```

FOTOS



Entrevistas realizada al sr. Angel de la Cruz



Tuberías para el paso de agua de las electroválvulas



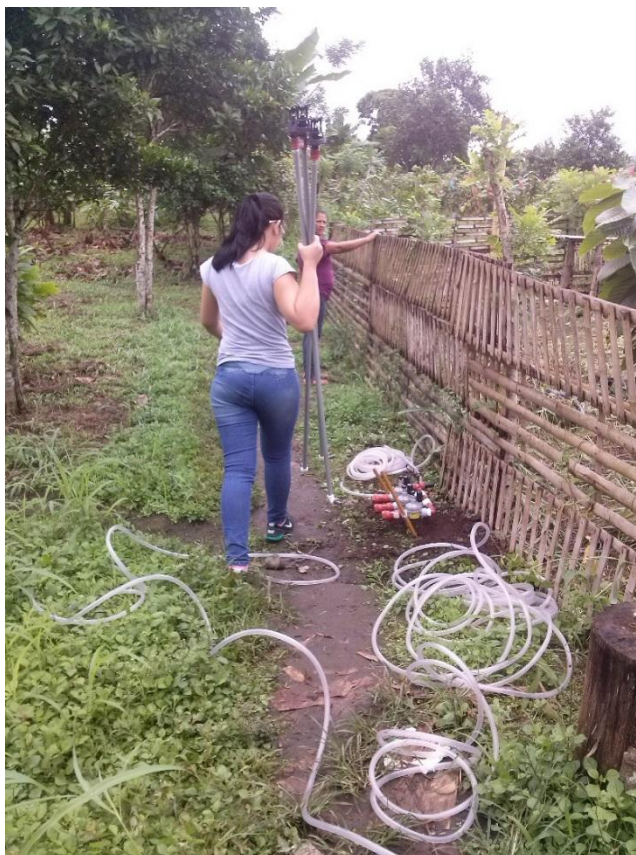
Entrada a la Finca el Paraíso en el km 7/2 vía Buena Fe - Quevedo



Cultivo de pimienta en la finca el Paraíso



Instalación de las electroválvulas



Instalación de aspersores



Instalación de dispositivos de medición de humedad



Instalación de aspersores en las parcelas del cultivo



Dispositivos instalados



Instalación de la bomba con electroválvulas



Instalación de dispositivo que controla el encendido y apagado de la bomba



Monitoreo de los dispositivos mediante el software



Aspersores activados y funcionando



Monitoreo de los dispositivos mediante el software

Quevedo, 27 febrero 2015.

Yo Ing. Byron Oviedo Bayas, certifico que la señorita **GISSELA ESTEFANIA VERA CEDEÑO**, egresada de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, ha cumplido con las correcciones pertinentes de la tesis cuyo tema es "IMPLEMETACIÓN DE SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO MEDIANTE RED INALÁMBRICA DE SENSORES DE HUMEDAD", de acuerdo al reglamento de Graduación de Pregrado de la UTEQ, e ingresada su tesis de grado al sistema **URKUND**, con la siguiente información sobre el informe del sistema reflejando un porcentaje del 8%

URKUND

Document [TesisGisselaVeraCuartaRev.docx](#) (013286744)
Submitted 2015-02-18 22:04 (-05:00)
Submitted by gissela-91@hotmail.es
Receiver jguanin.uteq@analysis.orkund.com
Message Cuarta Revisión de tesis [Show full message](#)
8% of this approx. 36 pages long document consists of text present in 6 sources.


Ing. Byron Oviedo Bayas
DECANO FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA