

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

FACULTAD CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



**MEJORAR EL CONTROL DE UN CULTIVO HIDROPÓNICO CON  
TECNOLOGÍA MÓVIL Y ARDUINO**

Por:

**RODRIGO MARTÍN BALDIVIEZO MERCADO**

Trabajo de grado presentado a consideración de la Universidad Autónoma “**JUAN MISAEL SARACHO**”, como requisito para optar el grado académico de licenciatura en Ingeniería Informática.

TARIJA – BOLIVIA

2019

**VºBº**

.....  
M. Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez

**DECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y**

**TECNOLOGÍA**

.....  
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y**

**TECNOLOGÍA**

**APROBADO POR LOS TRIBUNAL:**

.....  
Lic. Elizabeth Castro Figueroa

.....  
Ing. Silvana Paz Ramírez

.....  
Ing. Marcelo Cespedes

El tribunal no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo únicamente responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA:**

### **A Dios.**

Por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

### **A mis padres.**

Por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A mi U.A.J.M.S por haberme aceptado y ser parte de ella para poder desarrollarme como profesional el inicio de mis estudios superiores.

A los docentes por las innumerables expresiones de apoyo y conocimiento adquirido.

A mi tutor por acompañarme y aconsejarme en este proceso de realización del proyecto.

## ÍNDICE

I. Capítulo I Sobre el Proyecto .....	1
I.1 Resumen Ejecutivo del Proyecto.....	1
I.1.1 Personal Vinculado al Proyecto.....	1
I.1.2 Descripción del Proyecto .....	4
II. Capítulo II Componentes.....	19
II.1 Componente 1: Desarrollar una aplicación móvil para dispositivos Android para automatizar el control de las variables dentro del cultivo con Arduino. ....	19
II.1.1 Marco Teórico.....	19
II.1.2 Diseño de Experiencia del Usuario (UX) .....	19
II.1.3 Diseño de Interfaz de Usuario (UI) y Diseño de Interacción (IxD).....	20
II.1.4 Diseño Técnico de Alto Nivel (Tech Stack).....	21
II.1.5 Despliegue y Distribución de la App.....	22
II.1.6 Funcionalidades .....	22
II.1.7 Diagramas UML .....	22
II.1.8 Funcionalidad 1 - Administración de usuario.....	24
II.1.9 Funcionalidad 2 - Administración y configuración de sensor de temperatura, humedad y sensación térmica del ambiente .....	43
II.1.10 Funcionalidad 3 - Administración y configuración de sensor de pH... 51	
II.1.11 Funcionalidad 4 - Administración y configuración de sensor conductividad eléctrica.....	58
II.1.12 Funcionalidad 5 - Administración y configuración de sensor de nivel de agua 65	
II.1.13 Funcionalidad 6 - Administración y configuración del riego .....	72
II.1.14 Despliegue y Distribución de la App .....	82

II.2	Componente 2: Construir de una maqueta de cultivo hidropónico. ....	83
II.2.1	Marco Teórico.....	83
II.2.2	Metodología.....	83
II.2.3	Definición de tipo de cultivo hidropónico.....	83
II.2.4	Definición de materiales.....	87
II.2.5	Construcción de la maqueta.....	96
II.3	Componente 3: Socializar al sector productivo y público en general acerca de la funcionalidad de la aplicación móvil.....	107
II.3.1	Marco Teórico.....	107
II.3.2	Resultados Esperados.....	107
II.3.3	Metodología.....	107
II.3.4	Preparar material.....	107
II.3.5	Realizar socialización.....	108
II.3.6	Realización de Informe de Socialización.....	113
III.	Capítulo III Conclusiones y Recomendaciones.....	114
III.1	Conclusiones.....	114
III.2	Recomendaciones.....	114
	Bibliografía.....	115
	Anexos.....	1
	Anexo A: Especificación de requisitos de software según el estándar de la norma ieee830.....	1
	Anexo B: Calendario.....	8
	Anexo C: Encuestas.....	9
	Encuesta 1: “Población de general”.....	9
	Encuesta 2: “Sector productivo en hidroponía”.....	13

Anexo D: Carta de aceptación del tutor.....	17
Anexo E: Revisión gramatical y ortográfica.....	18
Anexo F: Medios de Verificación.....	19
Medio de verificación del proposito.....	19
Medio de verificación de los componentes 1 y 2 .....	20
Medios de verificación del componente 3.....	21
Anexo G: Manual de instalación .....	23
Anexo H: Manual de usuario .....	25



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Director del Proyecto .....	1
Tabla 2: Participantes equipo de trabajo .....	2
Tabla 3: Actividades previstas para los integrantes del equipo de investigación .....	3
Tabla 4: Situación planteada Con y Sin Proyecto .....	9
Tabla 5: Marco Lógico del Proyecto.....	14
Tabla 6: Presupuesto .....	15
Tabla 7: SUB GRUPO 12000. Empleados no Permanentes .....	16
Tabla 8: SUB GRUPO 21000. Descripción de los gastos de servicios básicos.....	16
Tabla 9: SUB GRUPO 22000. Descripción de los gastos de servicios de transporte	17
Tabla 10: SUB GRUPO 25000. Descripción de los gastos en servicios profesionales y comerciales.....	17
Tabla 11: SUB GRUPO 31000. Descripción de los gastos Alimentos y Productos Agroforestales .....	18
Tabla 12: SUB GRUPO 32000. Descripción del gasto de Productos de Papel, Cartón e Impresos .....	18
Tabla 13: Prototipo Pantalla Ingresar.....	36
Tabla 14: Prototipo Pantalla Registrarme. ....	37
Tabla 15: Prototipo Pantalla Actualizar Usuario. ....	39
Tabla 16: Pantalla Sensores – Temperatura y Humedad. ....	48
Tabla 17: Pantalla Sensores – PH .....	55
Tabla 18: Pantalla Sensores – Conductividad Eléctrica.....	63
Tabla 19: Pantalla Sensores – Nivel de Agua .....	69
Tabla 20: Pantalla Programador de riego.....	78
Tabla 21: Pantalla Nuevo riego.....	79
Tabla 22: Lista de asistencia a la socialización.....	110
Tabla 23: Papelógrafo con información del proyecto .....	110
Tabla 24: Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas.....	3
Tabla 25: Lista de asistencia a la socialización.....	22

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diseño de Experiencia del Usuario .....	19
Figura 2: Interfaz de Usuario .....	20
Figura 3: Diagrama de componentes Ingresar y Registrarme .....	24
Figura 4: Diagrama de componentes Actualizar .....	25
Figura 5: Diagrama de secuencia Ingresar .....	26
Figura 6: Diagrama de secuencia registrarme .....	26
Figura 7: Diagrama de secuencia Actualizar Usuario .....	27
Figura 8: Diagrama de estados Ingresar .....	28
Figura 9: Diagrama de estados registrarme .....	29
Figura 10: Diagrama de estados Actualizar Usuario .....	30
Figura 11: Pantalla Ingresar .....	31
Figura 12: Pantalla Registrarme .....	32
Figura 13: Pantalla Actualizar Usuario .....	33
Figura 14: Paleta de colores .....	34
Figura 15: Pantalla Ingresar Prototipo .....	35
Figura 16: Pantalla Registrarme .....	36
Figura 17: Pantalla Actualizar Usuario .....	38
Figura 18: Esquema de Árbol “user” .....	39
Figura 19: Prueba Campos en Blanco .....	40
Figura 20: Prueba Campos Incorrectos .....	40
Figura 21: Prueba Campos en Blanco .....	41
Figura 22: Prueba Ver y Actualizar datos .....	42
Figura 23: Diagrama de componentes del sensor de temperatura y humedad .....	43
Figura 24: Diagrama de secuencia del sensor de temperatura y humedad .....	44
Figura 25: Diagrama de estados del sensor de temperatura y humedad .....	45
Figura 26: Pantalla Sensores – Temperatura y Humedad .....	46
Figura 27: Pantalla Sensores – Temperatura y Humedad Prototipo .....	47
Figura 28: Diseño electrónico de conexión de Arduino con NodeMCU .....	48
Figura 29: Diseño electrónico de conexión de Arduino con el sensor DHT11 .....	49

Figura 30: Esquema de Árbol “sensores” con Temperatura, Humedad y Sensación Térmica .....	50
Figura 31: Diagrama de componentes del sensor de pH.....	51
Figura 32: Diagrama de secuencia del sensor de pH .....	52
Figura 33: Diagrama de estados del sensor de pH .....	53
Figura 34: Pantalla Sensores – Sensor de pH.....	54
Figura 35: Pantalla Sensores – Sensor de pH Prototipo.....	55
Figura 36: Diseño electrónico de conexión de Arduino con el sensor de pH.....	56
Figura 37: Esquema de Árbol “sensores” con pH.....	57
Figura 38: Diagrama de componentes del sensor de conductividad eléctrica .....	58
Figura 39: Diagrama de secuencia del sensor de conductividad eléctrica .....	59
Figura 40: Diagrama de estados del sensor de conductividad eléctrica.....	60
Figura 41: Pantalla Sensores – Sensor de Conductividad Eléctrica.....	61
Figura 42: Pantalla Sensores – Sensor de Conductividad Eléctrica Prototipo.....	62
Figura 43: Diseño electrónico de conexión de Arduino con el sensor de Conductividad Eléctrica .....	63
Figura 44: Esquema de Árbol “sensores” con Conductividad Eléctrica.....	64
Figura 45: Diagrama de componentes del sensor de nivel de agua .....	65
Figura 46: Diagrama de secuencia del sensor de nivel de agua.....	66
Figura 47: Diagrama de estados del sensor de nivel de agua.....	67
Figura 48: Pantalla Sensores – Sensor de Nivel de Agua .....	68
Figura 49: Pantalla Sensores – Sensor de Nivel de Agua Prototipo .....	69
Figura 50: Diseño electrónico de conexión de Arduino con el sensor de Nivel de Agua .....	70
Figura 51: Esquema de Árbol “sensores” con Nivel de Agua .....	71
Figura 52: Diagrama de componentes del riego .....	72
Figura 53: Diagrama de secuencia del riego .....	73
Figura 54: Diagrama de estados del riego.....	74
Figura 55: Pantalla Programador de riego .....	75
Figura 56: Pantalla Nuevo riego .....	76

Figura 57: Pantalla Programador de riego Prototipo.....	77
Figura 58: Pantalla Nuevo riego Prototipo .....	78
Figura 59: Diseño electrónico de conexión de Arduino con el actuador Bomba de Agua .....	80
Figura 60: Esquema de Árbol “riego” .....	80
Figura 61: Prueba Eliminar riego .....	81
Figura 62: Prueba Campos en blanco.....	82
Figura 63: Cultivo hidropónico en sustrato.....	85
Figura 64: Hidroponía de contacto directo con la solución nutritiva.....	86
Figura 65: Tubo PVC .....	87
Figura 66: Taladro.....	87
Figura 67: Sacabocado de 43mm .....	88
Figura 68: Canastillos Hidropónicos.....	88
Figura 69: Mangueras .....	89
Figura 70: Balde de agua de 8 litros.....	89
Figura 71: Plantines almacigados .....	90
Figura 72: Solución Nutritiva .....	90
Figura 73: Arduino .....	91
Figura 74: Cables jumper .....	91
Figura 75: Resistencias .....	92
Figura 76: Placa NodeMCU.....	92
Figura 77: Sensor DHT11 .....	93
Figura 78: Sensor de pH.....	93
Figura 79: Sensor de conductividad eléctrica dfrobot.....	94
Figura 80: Sensor ultrasónico.....	94
Figura 81: Relay .....	95
Figura 82: Protoboard .....	95
Figura 83: Mini bomba de agua .....	96
Figura 84: Preparación de tubos PVC.....	97
Figura 85: Tubos PVC, Taladro y Sacabocado.....	97

Figura 86: Conexión de la manguera de salida de riego .....	98
Figura 87: Conexión de entrada de riego .....	98
Figura 88: Tanque de solución nutritiva .....	99
Figura 89: Canastillos para hidroponía .....	99
Figura 90: Cultivo hidropónico terminado.....	100
Figura 91: Conexión Placa Arduino con NodeMCU .....	101
Figura 92: Conexión sensor DHT11 .....	102
Figura 93: Conexión de sensor de pH.....	103
Figura 94: Conexión de sensor de conductividad eléctrica.....	104
Figura 95: Conexión de sensor de distancia ultrasónico.....	105
Figura 96: Conexión de bomba de agua con relay .....	106
Figura 97: Stand armado .....	108
Figura 98: Mesa de presentación de la maqueta armada.....	109
Figura 99: Jóvenes tarijeños interesados recibiendo información del proyecto .....	111
Figura 100: Productores interesados en el funcionamiento del proyecto .....	111
Figura 101: Realizando la socialización al público en general que se acercaba.....	112
Figura 102: Señorita interesada en la técnica de cultivo hidropónico .....	112
Figura 103: Calendario.....	8
Figura 104: ¿Con que frecuencia consume verduras en su hogar? .....	9
Figura 105: ¿Sabe usted que es un cultivo hidropónico?.....	9
Figura 106: ¿Qué tipo de producto estaría dispuesto a consumir a partir de la producción hidropónica?.....	10
Figura 107: ¿Cuál sería el factor decisivo al momento de consumir productos hidropónicos? .....	10
Figura 108: ¿Cuáles cree que son los beneficios de los cultivos hidropónicos?.....	11
Figura 109: ¿Qué percepción tiene usted acerca de los cultivos hidropónicos?.....	11
Figura 110: ¿Qué espacio de su hogar dedicaría para la producción de verduras hidropónicas? .....	12
Figura 111: Sabe Ud. ¿Lo que es una automatización? .....	13

Figura 112: En caso de que Ud. Quiera tener un cultivo hidropónico y sabiendo que mediante la automatización puede mejorar la producción ¿Estaría dispuesto a automatizarlo? .....	13
Figura 113: ¿Conoce cultivos hidropónicos que estén automatizados? .....	14
Figura 114: ¿Utiliza algún sistema de riego que este automatizado? .....	14
Figura 115: ¿Utiliza algún programa o aplicación para controlar las señales dentro del cultivo hidropónico?.....	15
Figura 116: ¿Considera que la calidad del producto aumenta con un cultivo hidropónico inteligente?.....	15
Figura 117: ¿Qué piensa de la implementación de una aplicación de automatización y control a distancia de los factores dentro del cultivo hidropónico? .....	16
Figura 118: Carta de aceptación del tutor .....	17
Figura 119: Revisión gramatical y ortográfica.....	18
Figura 120: Medio de verificación del objetivo general .....	19
Figura 121: Medio de verificación de los componentes 1 y 2 .....	20
Figura 122: Carta del organizador de la feria.....	21