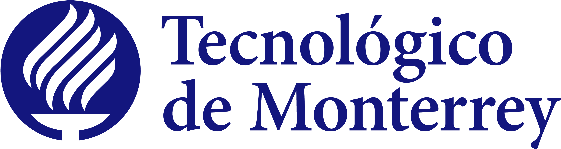
Análisis Financiero



**Plataforma Tecnológica de Riego de Precisión Agrícola y de Áreas Verdes**

Documento: Análisis de costos y viabilidad financiera

Proyecto: CHIH-2018-C03-194128

Revisión: 2.0

Fecha: Diciembre 2018

**Resumen:** Este documento describe análisis financierodel proyecto de “Plataforma Tecnológica de Riego de Precisión Agrícola y de Áreas Verdes”. El objetivo del proyecto es diseñar e implementar un prototipo de riego automatizado para grandes extensiones territoriales, con la finalidad de reducir el consumo del agua y mejorar la eficiencia del cultivo.

**Keywords:** análisis financiero*,* agricultura de precisión, automatización, eficiencia del agua.

El contenido de este documento no se considera oferta, propuesta o acuerdo, sino hasta que sea confirmado en documento por escrito que contenga la firma autógrafa del apoderado legal del ITESM. El contenido de este documento es confidencial y se entiende dirigido y para uso exclusivo del destinatario, por lo que no podrá distribuirse y/o difundirse por ningún medio sin la previa autorización del emisor original. Si usted no es el destinatario, se le prohíbe su utilización total o parcial para cualquier fin.

HISTORIA DE REVISIONES

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Rev. No. | Fecha | Autor | Comentarios |
| 1.0 | Junio, 2015 | Sergio Gallegos / Camilo Lozoya | Versión original del documento. |
| 2.0 | Diciembre, 2018 | Camilo Lozoya | Nueva revisión, proyecto Chihuahua Sustentable |
|  |  |  |  |

Contenido

1. Introducción 3

1.1 Alcance 3

1.2 Propósito 3

1.3 Financiamiento del Proyecto 3

1.4 Resumen Ejecutivo 3

1.5 Definiciones y acrónimos 4

1.5.1 Acrónimos 4

2. Arquitectura del Sistema 5

2.1 Descripción 5

2.2 Nivel Autónomo 5

2.3 Nivel Red Local 6

2.4 Nivel Red Global 7

3. Análisis Financiero 9

3.1 Lista de Materiales 9

3.1.1 Materiales Generales 9

3.1.2 Módulo Actuador 10

3.1.3 Módulo Sensor-Climático 10

3.1.4 Módulo Universal **Error! Bookmark not defined.**

3.2 Costo Comercial por Módulo Sensor 11

3.3 Costo Comercial por Módulo Actuador 11

3.4 Costo Comercial por Módulo Climático 12

3.5 Costo Comercial Total por 4 Áreas de Riego 12

4. Análisis Cualitativos 13

4.1 QFD (Quality Function Deployment) 13

4.2 DFMEA (Design Failure Mode & Effect Analysis) 14

# Introducción

## Alcance

El documento de Análisis Financiero describe la viabilidad económica para una potencial implementación comercial del producto tecnológico desarrollado en el proyecto de “Automatización para el uso eficiente del agua en sistemas de riego agrícola”.

## Software Propósito

Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un eficiente sistema de riego agrícola para grandes extensiones territoriales, mediante la implementación de un sistema automatizado en tiempo real, que permita utilizar solamente la cantidad de agua necesaria, en el momento adecuado y en el lugar correcto. Teniendo como beneficio principal el incremento de la eficiencia en el uso del agua, es decir producir más cultivos con menos cantidad de agua.

Este documento tiene como propósito de analizar la viabilidad económica para una potencial implementación comercial del producto tecnológico desarrollado en el proyecto de “Automatización para el uso eficiente del agua en sistemas de riego agrícola”.

## Financiamiento del Proyecto

Este proyecto es financiado por el Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica CONACyT – Gobierno del Estado de Chihuahua, en conjunto con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Chihuahua. También se obtuvo financiamiento de Grupo Cementos de Chihuahua a través de su iniciativa “Construyamos un Chihuahua Sustentable”.

## Resumen Ejecutivo

En el estado de Chihuahua se registra una precipitación promedio anual muy baja (inferior a 420 mm), lo que lo ubica entre las primeras cuatro entidades federativas que registran las precipitaciones más bajas a nivel nacional. Debido a esto, la cantidad de agua disponible es generalmente insuficiente para cubrir las necesidades de uso cotidiano, e impacta seriamente en la recarga de cuerpos de agua y acuíferos subterráneos. Adicionalmente Chihuahua ha sido afectado por eventos de sequía, ocasionando pérdidas considerables principalmente en el sector agropecuario y forestal. Algunos de los factores que hacen que cada día crezca la vulnerabilidad a la sequía, son: los procesos de urbanización, el crecimiento poblacional, el desarrollo de la agricultura, ganadería e industria, el mayor consumo de energía, los mayores requerimientos de agua para consumo humano, y la reducción en la disponibilidad de agua de la calidad requerida para ciertos usos.

El concepto de “uso eficiente de agua” incluye cualquier medida que reduzca la cantidad que se utiliza por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua. Específicamente el sector agrícola representa el mayor consumidor de agua en Chihuahua, ya que se estima que requiere alrededor del 85% del agua disponible. Deficiencias en la extracción, conducción y uso del agua, son las mayores causantes del desperdicio de este vital líquido y de la insuficiencia de humedad en el suelo que reduce o nulifica el desarrollo vegetativo.

Actualmente, los sistemas de irrigación automáticos ofrecidos por el mercado al sector agrícola, se basan en la definición de períodos de tiempo para el uso de agua de riego, sin embargo no se consideran otros factores como humedad de la tierra, salinidad del suelo, intensidad de la luz solar, temperatura ambiente, necesidad de agua por parte del cultivo, entre otros. Por la tanto la eficiencia lograda por estos sistemas puede ser mejorada al considerar todos los elementos críticos que conforman un proceso de irrigación. Se estima que el promedio mundial de eficiencia en el uso del agua, aún con estos sistemas, es de entre un 40% a un 50%. Es decir, entre el 60% a 50% del agua de riego se desperdicia.

Los principales beneficios que se obtendrán a partir de la implementación del proyecto son:

* Incrementar la eficiencia en el uso de agua en comparación con los sistemas actuales de riego agrícola.
* Reducir el consumo de energía eléctrica utilizado en los sistemas de riego actuales.
* Detectar oportunamente fugas de agua y fallas en general del sistema de riego, mediante un sistema de monitoreo y supervisión.

La realización de este proyecto requiere un enfoque multidisciplinario, por lo que se formarán tres equipos de trabajo: (1) equipo de procesos de riego y uso de suelos de cultivo, (2) equipo de control y adquisición de datos, y (3) equipo de sistemas de información y comunicación de datos. Como resultado final del proyecto se implementará un prototipo funcional de un sistema de riego automático con información de tiempo real capaz de proveer sus servicios en al menos una hectárea de suelo agrícola. El prototipo debe ser capaz de demostrar en campo los beneficios que ofrece el proyecto.

## Definiciones y acrónimos

### Acrónimos

|  |  |
| --- | --- |
| Acrónimo | Descripción |
| QFD | Quality Function Deployment |
| DFMEA | Design Failure Mode and Effect Analysis |
|  |  |

# Arquitectura del Sistema

## Descripción

La arquitectura del sistema modular de adquisición de datos tiene como objetivo la flexibilidad de poder agregar o quitar componentes sin afectar la funcionalidad individual de los elementos, pero con la posibilidad de ir consolidando la información y poderla acceder desde distintos niveles. La arquitectura propuesta, como se muestra en la Fig. 1, se divide en tres niveles de acceso: nivel autónomo (stand-alone), nivel red local (local network), y nivel red global (global network).



Figura 1: Arquitectura del sistema dividida en tres capas físicas.

## Nivel Autónomo

Cada módulo autónomo tiene la capacidad tanto de obtener mediciones de sensores como activar dispositivos actuadores, también puede almacenar información histórica del comportamiento de los sensores y actuadores en una memoria no volátil. Se utiliza una memoria tipo MicroSD , debido a su tamaño pequeño y su bajo consumo de energía, a través de un adaptador MicroSD-USB (Universal Serial Bus) la información contenida puede ser accedida fuera de línea por una computadora personal.

Cada uno de los módulos del nivel autónomo, independientemente de su función específica, se compone de los elementos mostrados en la Fig. 2.



Fig. 2: Diseño de hardware del módulo de nivel autónomo

La fuente de alimentación consta de una batería recargable de 12 volts, que puede estar conectada a un panel solar para una recarga continua, o puede recargarse periódicamente fuera de línea mediante un cargador externo. La tarjeta microcontrolador utilizada es Arduino Uno (http://www.arduino.cc) que incluye un microcontrolador de bajo costo ATmega328. Los dispositivos sensores se conectan al módulo mediante un circuito de acondicionamiento de entrada con 5 puertos, cada puerto de entrada puede configurarse independientemente para aceptar hasta tres tipos de señales diferentes: señales analógicas continuas, señales de pulsos y señales digitales basadas en el protocolo SDI-12 (Serial Digital Interface at 1200 baud, http://www.sdi-12.org/). El módulo cuenta con dos puertos de salidas para conectar dispositivos actuadores, las salidas son del tipo de relevadores de estado sólido capaces de manejar señales de corriente alterna y de corriente directa. El módulo de comunicación inalámbrica se implementa mediante un transmisor-receptor de radiofrecuencia Xbee (http://www.digi.com) operando a 2.4 Ghz, con una velocidad de 9600 bps y un alcance de 1.6 kms en campo abierto, la comunicación inalámbrica permite al módulo autónomo operar en modo red local, al tener la capacidad de enviar información al módulo central. Finalmente, se cuenta con un dispositivo de almacenamiento MicroSD utilizado en su modalidad autónoma.

## Nivel Red Local

En el nivel red local se implementa una red de sensores inalámbrica para consolidar la información de diferentes sensores, ubicados en diferentes localidades, en un solo módulo de concentración de datos o módulo central. La red de corto alcance se implementa sobre el protocolo IEEE 802.15.4 que se ha convertido en el estándar de-facto para el monitoreo de variables ambientales, debido a su bajo costo, bajo consumo de potencia y baja velocidad de transmisión. En este nivel de acceso se puede obtener información consolidada a partir de las mediciones directas de los sensores, como es el cálculo de la evapotranspiración de referencia a partir de variables ambientales, o donde se obtiene un valor representativo de humedad de suelo a partir de múltiples sensores ubicados a lo largo de un área de riego de gran extensión. En el nivel de red local los datos obtenidos, incluyendo la información consolidada, pueden ser visualizados directamente en una computadora personal que tenga acceso a la red local.

El módulo central se compone de un microcontrolador de alto rendimiento dsPIC33F dentro de la tarjeta de Microchip Explorer 16 (http://www.microchip.com/), ver Fig. 3. El módulo tiene la capacidad de comunicarse con los módulos autónomos mediante la red de corto alcance. Además tiene la capacidad además tiene la capacidad de comunicación a larga distancia con el servidores de datos por medio del protocolo de comunicación GPRS, implementado por el circuito SIM900 (SIMComm http://www.sim.com/). De esta manera el módulo central sirve como un puente de enlace entre un grupo de sensores y actuadores ubicados en una región específica con la red global de internet. Si no se desea el acceso a internet, la información consolidada por el módulo central puede ser accesada por medio de una computadora personal a través de la red de corto alcance.



Fig. 3: Diseño de hardware del módulo central.

## Nivel Red Global

En el nivel de red global la información de uno o más módulos centrales es almacenada en un servidor de datos con acceso a internet. El servidor cuenta con una base de datos para almacenar la información histórica, cabe mencionar que el servidor puede ser propietario o se pueden utilizar servidores de terceros que ofrecen una plataforma de servicios de almacenamiento y acceso de información vía internet, como la plataforma Xively. La comunicación entre los módulos centrales y el servidor se realiza mediante el protocolo de comunicación para telefonía celular GPRS (General Packet Radio Service), ya que este medio presenta actualmente un alto nivel de cobertura a nivel mundial. GPRS es un servicio de datos móviles orientado a paquetes utilizado por los sistemas GSM (Global System for Mobile Communications) y es un adecuado puente de comunicación entre redes de sensores inalámbricas e internet [17]. El usuario en este nivel puede acceder a la información a través de páginas de internet o aplicaciones que tengan acceso a internet desde cualquier lugar.

El módulo servidor se compone incluye un sistema de multinúcleo proporcionado por el servidor Dell PowerEdge (http://www.dell.com/), el cual incluye servicios web, acceso a internet y una base de datos para almacenar información histórica proveniente de múltiples nodos centrales, ubicados en cualquier región, como se muestra en la Fig. 4. La base de datos se implementa mediante la plataforma libre Django (https://www.djangoproject.com/). Si no se desea un servidor propio, pero si se desea tener acceso al sistema mediante internet, se puede utilizar la plataforma Xively de manera gratuita.



Fig. 3: Diseño de hardware del servidor de datos.

# Análisis Financiero

## Lista de Materiales

Se realizó un resumen de los materiales principales a usarse durante el proyecto, al igual que sus precios en pesos y dólares según la venta de este. Igualmente se calculó un análisis de costos para cada módulo usado, agregando el resumen de piezas y costo de cada una de ellas.

### Materiales Generales



### Módulo Actuador



### Módulo Sensor-Climático



## Costo Comercial por Módulo Sensor

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Material | 140.00 | 2,800.00 |
| Cargadores/Baterias | 10.00 | 200.00 |
| Gabinete | 45.00 | 900.00 |
| Caja | 20.00 | 400.00 |
| PCB | 35.00 | 700.00 |
| Zigbee+Bluetooth | 50.00 | 1,000.00 |
| **TOTAL MATERIAL** | **300.00** | **6,000.00** |
| Profit | 350.00 | 7,000.00 |
| Sensores SM | 600.00 | 12,000.00 |
| Instalación | 100.00 | 2,000.00 |
| **Costo Comercial Total** | **1,250.00** | **25,000.00** |

## Costo Comercial por Módulo Actuador

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Dollars | Pesos |
| Material | 140.00 | 2,800.00 |
| Cargadores/Baterias | 10.00 | 200.00 |
| Gabinete | 45.00 | 900.00 |
| Caja | 20.00 | 400.00 |
| PCB | 35.00 | 700.00 |
| Zigbee+Bluetooth | 50.00 | 1,000.00 |
| **TOTAL MATERIAL** | **300.00** | **6,000.00** |
| Profit | 350.00 | 7,000.00 |
| Sensores SM | 600.00 | 12,000.00 |
| Instalación | 100.00 | 2,000.00 |
| **Costo Comercial Total** | **1,250.00** | **25,000.00** |

## Costo Comercial por Módulo Climático

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Dollars | Pesos |
| Material | 140.00 | 2,800.00 |
| Cargadores/Baterias | 10.00 | 200.00 |
| Gabinete | 45.00 | 900.00 |
| Caja | 20.00 | 400.00 |
| PCB | 35.00 | 700.00 |
| Zigbee+Bluetooth | 50.00 | 1,000.00 |
| **TOTAL MATERIAL** | **300.00** | **6,000.00** |
| Profit | 350.00 | 7,000.00 |
| Sensores Weather | 1,600.00 | 32,000.00 |
| Instalación | 100.00 | 2,000.00 |
| **Costo Comercial Total** | 2,250.00 | 45,000.00 |

## Costo Comercial Total por 4 Áreas de Riego

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | Costo Unitario | | Costo Total | |
| Cantidad | Módulo | Dollars | Pesos | Dollars | Pesos |
| 4 | Módulos Sensores | 1,250.00 | 25,000.00 | 5,000.00 | 100,000.00 |
| 1 | Módulo Climático | 2,250.00 | 45,000.00 | 2,250.00 | 45,000.00 |
| 1 | Módulo Actuador | 1,250.00 | 25,000.00 | 1,250.00 | 25,000.00 |
| 1 | Módulo Controlador | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|  | **Costo Comercial Total** |  |  | **8,500.00** | **170,000.00** |

# Análisis Cualitativos

## QFD (Quality Function Deployment)

Se evaluó el proyecto según las necesidades del cliente. La siguiente tabla muestra el método el método de gestión de calidad según las demandas del usuario final llamado QFD. Lo usamos para saber las necesidades del cliente y tener la idea de que componentes usar (Figura 4).



## DFMEA (Design Failure Mode & Effect Analysis)

Se realizó un método para detector fallas comunes en el sistema, este método nos dio un mejor control en la instalación y producción del sistema completo, a continuación se muestran las tablas.









