

Tesis de grado
Sistema piloto para el monitoreo de variables
ambientales en cultivo de palma africana

José David Díaz González & Salomón Vaca Ahumada.
Octubre 2015.

Universidad Santo Tomas.
Departamento de Ingeniería Electrónica.
Especialización en Instrumentación Electrónica

Copyright © 2015 por José David Díaz González & Salomon Vaca Ahumada. Todos los
derechos reservados.

Este documento contiene la información para la implementación de un proyecto piloto para el monitoreo de variables ambientales en los cultivos de palma africana, el proyecto busca por medio del monitoreo de variables físicas que los agrónomos puedan definir de forma sencilla si los cultivos necesitan algún tipo de abono, riego, etc., mejorando así la salud del cultivo y previniendo algunas plagas, por medio de la medición de factores como el viento también se puede predecir el movimiento de las plagas y así tomar las medidas necesarias por parte del agrónomo para mitigar el impacto.

Tabla de Contenidos

Capítulo 1 Caso del negocio	1
Antecedentes	1
Problemas a solucionar	2
Descripción de la solución	3
Justificación	3
Alcance	5
Capítulo 2 Fundamentación teórica	6
Descripción del proceso o del servicio	6
Enfermedades que atacan la palma africana	7
Fusariosis.	7
Pestalotiopsis.....	8
Anillo Rojo.....	9
Combate.	10
Manejo de la enfermedad.....	11
Tecnología existente (Estado del arte).....	13
Condiciones que favorecen la aparición de las plagas en el cultivo de palma	19
Especificaciones de funcionamiento	20
Termo higrómetro	21
Pluviómetro.....	21
Anemómetro – veleta.....	22
Barómetro	22
Sensor suelo	23
Especificaciones de montaje físico	23
Preinstalación:.....	23
Especificaciones de ambiente de operación.....	27
Normativa técnica a cumplir	28
Requerimientos legales y de contratación.....	29
Legales	29
Capítulo 3 La ingeniería básica.....	30
Diagrama de bloques de la solución	30
Descripción de la solución	30
Capítulo 4 La ingeniería de detalle	32
Escogencia de componentes	32
Diagramas y planos de la solución.....	33
Listado de elementos.....	35
Capítulo 5 Factibilidad técnica del proyecto	36
Evaluación de la factibilidad técnica del proyecto	36
Capítulo 6 Los recursos que requiere el proyecto.....	37
Organigrama del equipo asignado al proyecto.....	37
Organigrama de la estructura administrativa	38
Asignación de recursos	38
Capítulo 7 Costos del proyecto	47
Costos fijos.....	47

Costos de las actividades de ingeniería.....	47v
Costos de los activos que se entregarían al cliente	48
Costo activos garantía y soporte	49
Total costos fijos	50
Costos variables	50
Costos variables directos.....	50
Costos variables indirectos	55
Costo total del proyecto	57
Estado de resultados.....	58
Capitulo8 Análisis de resultados y resultados esperados.....	59
Lista de referencias	60

Tabla 1. Cantidades y Descripción de los artículos necesarios.	35
Tabla 2. Artículos entregados al cliente por garantía.	35
Tabla 3. Recursos nivel 3.....	38
Tabla 4. Recursos nivel 2.....	44
Tabla 5. Recursos nivel 1.....	46
Tabla 6. Costo ingeniería conceptual.....	47
Tabla 7. Costo ingeniería básica.....	47
Tabla 8. Costo ingeniería de detalle.....	48
Tabla 9. Costo total de la ingeniería.....	48
Tabla 10. Costos activos a entregar.....	48
Tabla 11. Costos activos a entregar por garantía.....	49
Tabla 12. Costos fijos.....	50
Tabla 13. Costos por procura.....	50
Tabla 14. Costos por adecuación.....	51
Tabla 15. Costos por montaje.....	51
Tabla 16. Costos por puesta en servicio.....	52
Tabla 17. Costos por soporte.....	52
Tabla 18. Costos por capacitación.....	52
Tabla 19. Costos por documentación.....	53
Tabla 20. Total costos variables directos.....	53
Tabla 21. Costos por tarea de nivel.....	54
Tabla 22. Gastos administrativos de la empresa.....	55
Tabla 23. Gastos generales de la empresa.....	56
Tabla 24. Gastos financieros de la empresa.....	57
Tabla 25. Prorratio del overhead a cargo del proyecto.....	57
Tabla 26. Costo total del proyecto.....	57
Tabla 27. Estado de resultados.....	58
Tabla 28. Análisis de retorno de la inversión.....	59

Lista de figuras

vii

Figura 1. Etapas cultivo palma africana.....	12
Figura 2. Etapas y productos en la cadena productiva de la palma de aceite	12
Figura 3. Diagrama Anclaje estructura estación al suelo.....	23
Figura 4. Instalación Pluviómetro.....	24
Figura 5. Estación Meteorológica (La estructura definitiva de montaje, será (en función de los sensores).....	25
Figura 6. Panel Solar y batería.....	27

Capítulo 1

Caso del negocio

Una estación agro-meteorológica se diseña con la finalidad de realizar el monitoreo de variables que son importantes para el cultivo con el fin de mejorar las condiciones para el crecimiento de las plantas propias del cultivo, cada cultivo tiene una serie de parámetros que el agrónomo conoce y se trata de controlar por medios de monitoreo, control y aplicación de correctivos. Dichas estaciones por si solas no son útiles, necesitan de un agrónomo que interprete la información recolectada y que sea capaz de tomar la mejor decisión para el mejoramiento del cultivo y así mejorar la producción del cultivo.

Antecedentes

En algunas regiones de Colombia se han seleccionado grandes áreas de terreno para realizar el cultivo de diferentes productos, el cultivo de palma africana para la producción de aceite es uno de los cultivos más rentables, ya que en este tipo de cultivo el 100% de la materia prima procesada genera algún tipo de producto, sin embargo la materia prima enferma no se puede procesar ya que disminuye la calidad de los productos, no se puede utilizar como abono ya que tiene algún tipo de plaga y al utilizarla como abono se propagaría dicha plaga de forma más rápida, motivo por el cual se debe quemar y/o desechar.

Los cultivos de palma africana para la producción de aceite son atacados por varias plagas, las cuales pueden germinar más rápido o lento de acuerdo a las condiciones medio ambientales, por el tamaño de los cultivos (cientos de hectáreas de cultivo) no es posible proteger los cultivos de los factores ambientales por medio del uso de invernaderos, la forma más eficaz para la detección de la germinación de alguna plaga es realizando caminatas para revisar el crecimiento de la palma y su fruto, sin embargo al detectar el crecimiento de algún tipo de plaga es porque ya se ha perdido una parte del cultivo y es necesario aplicar los plaguicidas necesarios para combatir dicha plaga.

Día a día es más complicado saber el comportamiento del clima, que por los efectos de invernadero, el calentamiento global y diferentes factores actúan de formas diferentes sobre los cultivos, perjudicando el crecimiento de la palma africana y activando en algunos casos la germinación temprana de algunas plagas, lo que termina en la pérdida de partes de cultivo y finalmente en la pérdida de dinero para la empresa que realiza dichos cultivos.

Problemas a solucionar

Se realiza en la actualidad un monitoreo manual del estados de los cultivos de palma africana, en la mayoría de los casos los cultivos comprenden miles de hectáreas, al realizarse el monitoreo manual se incurren en varios riesgos humanos por parte de los trabajadores que en ocasiones reportan datos sin asistir al cultivo.

Descripción de la solución

Implementar una red de estaciones agro-meteorológicas que permitan por medio de un software el monitoreo automático (minuto a minuto) de las condiciones ambientales en los cultivos, para así poder determinar en qué momento es bueno aplicar los plaguicidas necesarios para la prevención de plaga y/o en cuál es el mejor momento para aplicar el abono que ayude a aumentar la producción del cultivo y maximizar la producción del aceite de palma. Dependiendo del tamaño del cultivo se determinara la cantidad de estaciones meteorológicas y la posición geográfica en la cual se deben instalar dichas estaciones para poder proporcionar el mejor cubrimiento del terreno y así la mejor toma de datos y decisiones, también dependiendo del tamaño de la plantación se determinara cual es el mejor método para la telemetría (transmisión de datos) hacia la estación central.

De igual manera al tener la información de la red de estaciones se puede revisar el histórico del estado del tiempo para así determinar cuándo posiblemente sea el mejor momento o temporada para realizar la plantación de palmas jóvenes.

Justificación

Al tener una red de estaciones meteorológicas enfocadas al negocio, es decir a la medición de los parámetros que afectan la germinación de plagas y del cultivo en general se tienen varias ventajas, entre las cuales encontramos una forma confiable de poder prevenir el nacimiento de plagas y así disminuir la perdida en materia prima, adicionalmente se evitan incapacidades por ataques de agentes biológicos al personal de la

plantación que realiza la supervisión de los cultivos, ya que en estos cultivos los ataques de serpientes son frecuentes, poco mantenimiento que requiere esta tecnología, adicionalmente al implementarse un software para el monitoreo de las condiciones ambientales, es posible la creación de alarmas que puedan notificar la germinación de plagas como y el momento en el que el suelo necesite algún fertilizante; al poderse hacer un seguimiento de las condiciones climáticas que influyen para la germinación de estas plagas se previene y optimiza cultivo, al presentarse de igual manera las condiciones ambientales óptimas para la aplicación de fertilizantes se mejora su efectividad y se obtienen mejores resultados en el cultivo, teniendo aceite de mejor calidad a menor costo.

Al demostrarse la efectividad de la prevención en el control de plagas que atacan los cultivos se ayuda a generar la conciencia de la prevención, así mismo se ayuda a expandir esta conciencia a otros cultivos en general para así mejorar la producción de dichos cultivos.

Si se comparten los datos obtenidos con algunas entidades del gobierno se obtienen algunos beneficios para el negocio.

Tomar medidas preventivas a tiempo es mucho mejor que tomar medidas correctivas, es decir para cualquier negocio es mucho más rentable evitar la pérdida de material que perder materia bruta y adicionalmente tener que aplicar los mismos plaguicidas para eliminar el problema, adicionalmente dependiendo del estado de la plaga es necesario

aplicar plaguicidas fuertes que pueden alterar la calidad de la materia prima del aceite, en este caso el fruto de la palma.

Alcance

El alcance del proyecto será: El diseño, la procura, el montaje y la puesta en servicio de una red de estaciones piloto agro-meteorológicas para la prevención de plagas y la determinación del mejor momento para la aplicación de fertilizantes en las plantaciones de palma para la optimización del cultivo y la generación de aceite de palma, el proyecto debe incluir los equipos necesarios, la obra civil y el software que se utilice para tal fin.

Este proyecto por ser un proyecto piloto se va a limitar a un área de 50 hectáreas descritas por un rectángulo de 5X10

Capítulo 2

Fundamentación teórica

En este capítulo se tratara de forma general la fundamentación de los cultivos de palma africana y las estaciones agro-meteorológicas planteadas para dar solución al problema descrito en el capítulo anterior.

Descripción del proceso o del servicio

El cultivo de palma para la extracción de aceite se hace en varias etapas comenzando desde el pre-vivero en el cual se siembra la semilla y se realiza la pre-selección de las plántulas, se clasifican en sin desarrollo, de hojas estrechas, rechonchas y erectas; una vez seleccionadas las plántulas en pre-vivero se pasan al vivero, allí se debe contar con el espacio suficiente para que las plántulas germinen, en el vivero estarán de 12 a 14 meses, en el vivero se tiene una necesidad de riego que depende del ambiente; en el pre-vivero y vivero se deben comenzar los controles de plagas, normalmente se hacen por medio de la toma de muestras para tomar la decisión de plaguicidas, sin embargo algunas enfermedades son más difíciles de controlar y son las causadas por el medio ambiente, por ejemplo la podredumbre de la hoja que es causada por el hongo *Corticium Solana*, el cual depende de la precipitación y el drenaje del terreno, también tenemos la mancha foliar que es causada por el hongo *Helminthosporium*, si se logran monitorear los factores ambientales se podría evitar la aparición de los diferentes hongos que afectan el cultivo, al hacer esto se tendría una mayor cantidad de plantas sanas y no se perdería el

tiempo de estadía de las plantas en el pre-vivero y vivero reduciendo los costos y aumentando la materia prima para la producción de aceite.

En el vivero se debe hacer otra selección de las plantas que se van a sembrar, en esta selección entre más plantas de buena calidad se tenga más plantas van a crecer y más producción de almendra se tendrá.

Una vez se tienen las plantas que se van a cultivar estas van a ser productivas a partir del mes 18, por lo que es necesario estar pendientes de las plagas, las cuales germinan dependiendo en gran parte de condiciones ambientales como humedad, precipitación, temperatura, humedad del suelo, estos factores ayudan a la proliferación de plagas y enfermedades de las plantas como hongos, bacterias, virus, parasitoides y algunos depredadores, lo que se quiere con este proyecto es monitorear los cambios ambientales que afectan el cultivo y así poder tomar medidas de prevención y evitar plaguicidas químicos que puedan tener efectos nocivos a largo plazo, de igual manera al tener el ambiente controlado se puede seleccionar el mejor momento para la aplicación de fertilizantes.

Enfermedades que atacan la palma africana

Fusariosis.

Entre las varias enfermedades criptogámicas que afectan a la palma africana, no cabe duda de que la fusariosis vascular es la más grave en el África occidental y en el África central.

El control se orientó hacia la mejora de la resistencia a la enfermedad. Esta selección se basa principalmente en el comportamiento de los cruzamientos frente a la fusariosis, en el pre semillero, por inoculación artificial. Unos complementos de investigaciones están siendo realizados para detectar los factores de resistencia que desempeñan un papel en el comportamiento, con el fin de mejorar la selección.

El agente causal de la fusariosis es un hongo, *Fusarium oxysporium* f. sp. *elaeidis*, específico de la palma africana. El hongo penetra en las raíces, desarrollándose en los vasos (xilema), induciendo la aparición de gomas y que obstruyen los vasos. La fusariosis es una enfermedad vascular.

Esta enfermedad afecta particularmente en varios países: Costa de Marfil, Benin, Nigeria, Camerún, Zaire; unos focos localizados existen en Ghana y en el Congo. La enfermedad nunca se reportó en las República Centroafricanas. En América latina aparecieron dos focos de fusariosis, el uno en Brasil en 1983 y el otro en el Ecuador en 1986. En este manual no abordaremos el tema de esta enfermedad.

Pestalotiopsis.

La *pestalotiopsis* es una enfermedad causada por los hongos *Pestalotiaspp*. Con ellos también se han encontrado asociados, en las manchas que producen el secamiento foliar, a *Helminthosporiumsp*. Estos hongos son parásitos débiles, que aprovechan las heridas causadas por el daño mecánico o por insectos, para invadir los tejidos de las hojas de palma aceitera. En épocas de sequía presentan un estado de inactividad en su acción infectiva, para continuar su desarrollo como saprofitos sobre los restantes vegetales de la planta 4. La enfermedad llega a ser grave cuando se reúnen todos los factores

epidemiológicos que condicionan su presencia como ataques de poblaciones elevadas de insectos masticadores y chupadores, alta disponibilidad de hospedantes susceptibles y condiciones de alta temperatura, humedad relativa y luminosidad. Las medidas culturales son recomendadas para su control.

Anillo Rojo.

Producida por el nematodo *RhadinaphelenchusCocophilus*. Su sintomatología inicial es difícil su diagnóstico y fácilmente confundida con desórdenes fisiológicos. Se transmite principalmente por el picudo *R. Palmarum*.

Sintomalogía. Al partir transversalmente el tronco de las palmas enfermas se nota un anillo de color pardo o crema de unos pocos centímetros de grosor en el tejido localizado cerca de la periferia del tronco. En algunos casos el anillo no es continuo en toda la longitud del tronco apareciendo en la parte superior, pero es aparentemente inexistente en la parte media y puede reaparecer en la región basal como un área de color rosado pálido. Generalmente las hojas nuevas son de un verde pálido amarillento y más cortas de lo normal dando una apariencia compacta (hoja pequeña).

Eventualmente, al continuar la emisión de hojas pequeñas con diferentes grados de necrosis en los folíolos que pueden ser simples muñones en el raquis, la parte central de la corona adquiere la apariencia de un embudo. La enfermedad causa un retardo pronunciado en el crecimiento del tallo; las palmas que han estado enfermas son notoriamente más pequeñas que sus vecinas sanas, también esta enfermedad provoca la falta de muchos racimos y la palma termina siendo improductiva.

Localización del nematodo en la palma, en el vector y en el suelo. Al entrar en un árbol sano, el nematodo se mueve en el tronco hasta la periferia. En el coco el nematodo se localiza en el tejido rojizo del anillo en el tallo inmediatamente adyacente a éste, especialmente en el lado interno.

Muy pocos adultos y huevos se encuentran en la parte basal del anillo y en gran número fueron encontradas adultas y huevos en la parte superior del tallo.

El número de nematodos en las raíces y el suelo alrededor de los árboles enfermos es generalmente bajo o bien nulo. El nematodo pudo ser localizado a profundidades de hasta 80 cm, pero la mayoría estaban de 30 a 40 centímetros.

El nematodo se puede localizar en los intestinos, en la cavidad del cuerpo y en las heces del Curculionidae, *R. palmarum* (vector). Externamente puede ser transportado en pedacitos de tejidos infectado en las cerdas del insecto.

Combate.

El combate de la enfermedad debe ser integral y dirigido tanto a reducir la población del vector como de las fuentes de inóculo del nematodo en la plantación y sus alrededores (palmas enfermas y otras palmas y plantas hospedadoras (caña de azúcar, papaya, coco etc.) y la reducción de sitios de cría del insecto.

En caso de plantas con síntomas claros que acusan la presencia de la enfermedad se recomienda envenenar la planta con un herbicida sistémico inyectado al tronco. Los árboles tratados deben botarse una vez que estén secos y chequear la presencia de larvas para destruirlas, al podrirse los tejidos, el nematodo eventualmente muere. Uso de trampas, solo ayuda a disminuir las poblaciones, pero nunca a eliminarlas.

Manejo de la enfermedad.

Inspección oportuna de palmas enfermas. Monitoreo y control de insectos portadores del nematodo. Erradicación de palmas enfermas (que garanticen una rápida descomposición del tejido de la palma). La erradicación de palmas con motosierra permite mayor área de exposición del tejido y por ende mayor atracción de insectos; por lo cual, se debe aumentar la protección de este tejido o buscar la rápida descomposición del mismo. (Quijano, 2006)

Todas estas enfermedades se pueden mitigar por medio del control medio ambiental, como veremos a continuación el cultivo es una parte fundamental y por eso es tan importante poderle sacar el mayor provecho a cada planta y así tener la mayor cantidad de racimos para la producción.

Como se ve la producción de aceite palma no es lo único que se obtiene de las almendras de palma africana cosechadas, de hecho de las almendras sanas se aprovecha todo, por eso si se optimiza la producción de las almendras se tiene más materia prima por menos área de cultivo haciendo más eficiente el proceso. (Martínez, 2013)

Fase agrícola



Figura 1. Etapas cultivo palma africana



Etapas y productos en la cadena productiva de la palma de aceite

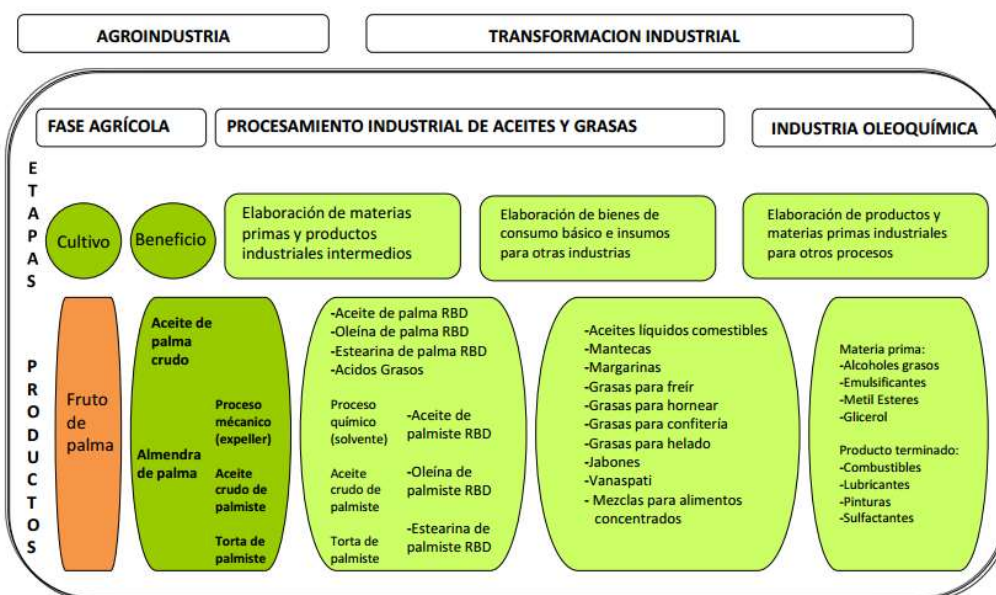


Figura 2. Etapas y productos en la cadena productiva de la palma de aceite

Tecnología existente (Estado del arte)

La falta de planeación y manejo que se presenta en el sector agropecuario ha ocasionado un deterioro paulatino a los productores del campo, se ha logrado un avance significativo en tema de control de plagas con medios artesanales, visitas frecuentes a cultivos de Palma de aceite. El Ministerio de Agricultura consciente de tal situación diseña la Política Agropecuaria como mecanismo para promover, incentivar y financiar el desarrollo rural y la seguridad alimentaria, mediante la reconstrucción de un sector agropecuario competitivo y sostenible capaz de afrontar los embates de la globalización, asume un reto importantísimo como es el de propender por una sostenibilidad ambiental soportada en la aplicación de las tecnologías espaciales que mejoraran el conocimiento del territorio, estimulara la producción y fortaleciera las acciones interinstitucionales, mediante el control y monitoreo de fenómenos ambientales, inventario de recursos naturales, producción de cartografía básica y temática y agricultura entre otros temas.

Para este propósito se inicia la utilización de herramientas tecnológicas para recopilar información en tiempo real sobre lo que suceda o pueda suceder en los suelos y en los cultivos, para realizar la toma de decisiones de manera oportuna que permita obtener un incremento significativo en los rendimientos por unidad de área, disminuir costos de producción y reducir los impactos ambientales sobre los Recursos Naturales en los que se sustenta la producción agropecuaria (Segura, 2010)

La detección de focos requiere la realización de muestreos periódicos en cada uno de los lotes del cultivo para realizar el conteo de huevos, larvas, pupas o insectos adultos para

cada una de las plagas de interés. Para cada una de ellas se realiza un estudio previo de determinación del umbral por encima del cual el daño económico es inaceptable.

La realización de muestreos se realiza con una densidad tal que garantice un cubrimiento aceptable y que, al mismo tiempo, no sea muy onerosa. Una densidad apropiada está entre una (1) y tres (3) palmas por hectárea. El muestreo debe ser rápido de ejecutar y garantizar confiabilidad en los datos recolectados. Para el efecto, Cenipalma ha desarrollado aplicaciones de captura de datos en campo que utilizan dispositivos móviles de captura de datos, tales como asistentes digitales personales (PDA, por sus siglas en inglés). Estas aplicaciones reemplazan el uso de formularios en papel que son ineficientes y frágiles, y están propensos a errores. (Lizarazo, 2011)

El manejo de los focos de plagas que se detecten en los censos muestrales tiene que ver con la decisión de intervenir cuando la población de insectos supera el umbral económico de daño y se requiere realizar alguna acción de control biológico, microbiológico, cultural o químico. Para apoyar decisiones apropiadas el sistema de información provee reportes gráficos y tablas y dispara alertas tempranas cuando se alcanzan los niveles críticos asociados a cada plaga.

Uno de los problemas más comunes en la toma de decisiones en los diversos ámbitos de la agricultura mexicana es la escasa información climática con que se cuenta para la elaboración de un plan de trabajo, lo cual es de alto costo y negativo para la economía del sector agropecuario, por lo que se han generado proyectos que buscan generar información agro meteorológica pertinente ya que casi todas las actividades dependen del tiempo atmosférico y del clima (Villalpando y Ruiz, 1993). La necesidad de contar

con una base de datos meteorológicos confiable ha propiciado que las entidades federativas implementen sus propias redes agro meteorológicas, de manera que se pueda generar información climatológica pertinente que responda a las necesidades locales, tal es el caso de la Red Agroclimática de Sonora, que cuenta con 52 estaciones meteorológicas automatizadas, ubicadas en las principales zonas agrícolas del estado.

El auge de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Peña, 2006), puso de manifiesto que si se querían resolver problemas complejos de planificación y gestión en la agricultura, era necesario tener conjuntos de información adicionales, los cuales deberían estar geográficamente referenciados, de tal modo que la información se desplegara en mapas para facilitar su comprensión (Quijano, 2006), pero se vio también la necesidad de predecir eventos, para lo cual el uso de la modelación numérica es importante, pues ayuda a seleccionar el de mínimos riesgos al analizar diversos escenarios (Jiménez, 2008). En resumen, se requieren de tres puntos fundamentales:

- 1) información meteorológica y climática de alta certidumbre,
- 2) un visualizador de datos que permita desplegar esa información, espacialmente referenciada en mapas
- 3) inclusión de los resultados de modelos aplicables a cada sector.

En el contexto internacional, los primeros productores de aceite de palma en el mundo, Malasia e Indonesia, han integrado tecnologías como los GPS, información proveniente de sensores próximos y remotos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en sistemas administradores de bases de datos agronómicos para incrementar la eficiencia en la utilización de fertilizantes, la productividad y el seguimiento a variables

ambientales. En varias plantaciones, este proceso de implementación se ha llevado paso a paso, comenzando por la organización de los datos agronómicos en una base de datos. Una vez que se identifica y organiza la información, los GPS y los datos de imágenes satelitales pueden ser utilizados para preparar la cartografía básica para construir el Sistema de Información Geográfico de la plantación. Un mayor nivel de análisis de datos se obtiene cuando se toma información palma a palma y se generan mapas de variabilidad continua (Fairhurst et ál., 2003). La utilización de tecnologías para la agricultura de precisión puede mejorar la eficiencia en la toma de información en el campo, permitiendo a los administradores de las plantaciones acceder a la información actualizada sobre cada uno de los lotes o palmas, y ayudando en la toma de decisiones para mejorar el rendimiento y administración de los recursos con los que se cuenta (Fairhurst et ál., 2003; Koumpouros et ál., 2004). (Romero, 2008)

En el proceso, las actividades diarias del departamento de sanidad vegetal de una plantación, generan un reporte de la actividad de las poblaciones de insectos plaga que han sido detectadas por el personal evaluador en campo sobre palmas previamente identificadas por un sistema de muestreo. Los datos procesados de manera consolidada por lote son reportados al jefe de sanidad vegetal y a la división de Manejo Integrado de Plagas (MIP) en Cenipalma. Estos reportes son graficados en un mapa, que representa el área potencial de la plantación en el nivel comercial. (Romero, 2008)

En la actualidad, Cenipalma cuenta con una plataforma informática geográfica que, mediante software geográfico y puestos de trabajo en red, recibe la información de las plantaciones que ha sido tomada con equipos de tecnología moderna (o en su defecto

registrada en formatos de papel), y crea las bases geográficas de datos con el propósito de que los empresarios puedan contar con un sistema interactivo de consulta en la Web para ver lo que está ocurriendo con su plantación o con su región en un momento dado, y así facilitarles la toma de decisiones.

El programa de agricultura de precisión es relativamente nuevo en Cenipalma; nació en enero de este año y está consolidándose. En primera instancia, se definió que el catálogo de objetos estará basado en el del Instituto Geográfico *Agustín Codazzi*, y consiste en una herramienta que estandariza las coberturas mínimas que se tomarán en cuenta en cada plantación como información básica para la estructuración del sistema. Se desarrolló un sistema de adquisición de información de plagas y enfermedades mediante PDA, en el que se montó un software que les permite a los cansadores tomar la información, de tal manera que es muy sencillo hacer un censo de plagas o uno de enfermedades, registrarlo en formatos que estén en la PDA acoplados a una GPS, y así saber exactamente qué está pasando y dónde.

En la actualidad existen en Cenipalma formatos para diferentes plagas, que facilitan el seguimiento de foliadores y de *R. palmarum*, depredadores, ácaros, etc. para mirar cómo va la cosecha, las enfermedades de la planta y, por supuesto, la Pudrición del Cogollo (PC). Todo esto apunta a validar un software o un sistema experto desarrollado recientemente, que se espera robustecer para probarlo en diferentes plantaciones. Se arrancó con el estudio de caso relativo a la campaña de foliadores de la Zona Central, y como logros se menciona una página Web a la cual pueden acudir las diferentes

plantaciones que participan en el proceso, para consultar sobre el estado de una plaga en un momento dado, de manera que realicen el manejo adecuado.

En este momento se está trabajando en un programa de investigación que está relacionando los censos y otra información de clima, suelos, etc., con la biología de las plagas, para generar sistemas eficientes de alerta temprana. Se espera que en un futuro muy próximo se pueda entregar a los palmicultores una herramienta que les permita, de acuerdo con las condiciones medioambientales, determinar cuándo existe una gran probabilidad de que se dispare una u otra plaga, para que puedan tomar decisiones oportunas, con lo cual se disminuiría la cantidad de insumos utilizados en su control. (Romero, 2008)

Con la ayuda de datos meteorológicos reales, la agricultura de precisión logra reducir el uso de químicos en la agro-industria. La agricultura de precisión permite que los fertilizantes, pesticidas y el riego sean aplicados según las necesidades específicas de cada cultivo, en cada espacio determinado, en lugar de aplicarse por igual para todo el campo, reduciendo así la cantidad de insumos aplicados y por lo tanto ahorrando recursos. Este enfoque mejora las estrategias de control de las enfermedades y plagas en los productos banano, piña y caña de azúcar.

Para esto se capacita a los socios de la agro-industria sobre el uso de los datos meteorológicos en tiempo real como un instrumento para elegir el momento adecuado de la aplicación de plaguicidas, fertilizantes y agua para los cultivos según el estado del tiempo, los microclimas y las condiciones físico-químicas de los suelos.

A la fecha, nuestro Sistema Mesoamericano de Monitoreo agroclimático (MAWMS por

sus siglas en inglés) comprende 28 estaciones meteorológicas en campos agrícolas hondureños y beliceños, en el área de influencia del Arrecife Mesoamericano y una estación de monitoreo de efluentes en una finca de camarón de Belice. La cobertura de la red meteorológica ha ampliado nuestra capacidad para recopilar datos, fundamento para crear modelos que permiten una previsión más exacta de los fenómenos meteorológicos, facilitando a la agro-industria una mayor capacidad para predecir con precisión cuándo los insumos agrícolas se deben utilizar para control de plagas o cuándo es más conveniente regar o fertilizar.

Condiciones que favorecen la aparición de las plagas en el cultivo de palma

La presencia de plagas en los cultivos de palma se presenta debido a factores climáticos, factores biológicos, roedores, y deficiencia en nutrientes en el suelo. Si se puede controlar estos factores, se puede tener un mayor rendimiento y una mayor producción así obteniendo una mayor ganancia, si se controla la humedad, los nutrientes del suelo, la presencia de roedores.

La contaminación se produce a través de heridas ocasionadas por la rotura de raíces durante el trasplante, así como en los suelos compactos, arcillosos, mal drenados, sometidos a riegos copiosos y a altas temperaturas.

- Evitar heridas en las raíces.
- Alta precipitación pluvial
- Deficientes drenajes

- Exceso de humedad
- Niveles altos de temperatura
- Utilizar substratos o suelos bien drenados.
- No regar excesivamente.
- Desinfectar las tierras y utilizar fungicidas del tipo Benomilo mezclados en el agua de riego. (Esparsa, 2009)

Como consecuencia de estos errores, se han presentado problemas de plagas insectiles, de patógenos y de condiciones adversas de clima (luminosidad, precipitación, temperatura, humedad ambiental) y de suelo (características físicas y químicas), que han ocasionado por sí mismas disturbios fisiogénicos o crean condiciones favorables para el desarrollo de plagas y enfermedades.

Especificaciones de funcionamiento

Cada estación dispone de cuatro tipos de sensores:

- Termo higrómetro
- Pluviómetro
- Anemómetro – Velea
- Barómetro
- Sensor suelo

Termo higrómetro

El termo higrómetro es el sensor que mide la temperatura del aire y la humedad relativa.

El dato de la temperatura se expresa en grados Celsius y el de la humedad relativa, en porcentaje. Instalación: el termohigrómetro debe estar situado en el interior de una garita tipo Davis (RadiationShield). Este tipo de pantallas protegen el sensor contra la radiación solar directa a la vez que permite una circulación libre del aire. Pueden ser pantallas comerciales o artesanas, pero deben ofrecer protección al sensor. Se prefieren las pantallas de doble pared a las de simple, puesto que las de doble cubren la radiación tanto directa como reflejada a la vez que permiten una cámara de aire que facilita la circulación de este. Las pantallas de pared simple no garantizan una buena calidad, presentando a veces dudas sobre su efectividad. Una vez protegido el sensor, (metro y medio o dos metros, como mínimo) y a los cuatro vientos y a pleno sol. El sensor debe medir la temperatura del aire, no la radiación que reflejen las paredes y suelo de los edificios.

Pluviómetro

El pluviómetro es el aparato que mide la cantidad de agua en precipitación. Este dato se expresa en milímetros o su equivalente, litros por metro cuadrado. Instalación: el pluviómetro debe estar instalado en una zona descubierta, sin obstáculos, horizontal y perfectamente fijado. Se considerará obstáculo cualquier objeto que se interponga en un ángulo de apertura de 45°. Si este está sujeto en un mástil que lo sobrepase o iguale en altura, si no lo supera también será considerado un obstáculo, así como si este puede ser

sacudido por la fuerza del viento haciendo que pueda marcar precipitación errónea, por lo tanto si el mástil es muy alto habrá que fijarlo con unos vientos.

Anemómetro – veleta

El anemómetro y la veleta son los sensores encargados de las medidas eólicas. La veleta indica la dirección del viento y el anemómetro mide su velocidad. El sentido del viento se expresa desde su origen, es decir, desde donde procede. Y los datos se expresan tanto en forma geográfica (N, S, E, W) como en forma geométrica (grados). En este segundo caso, el Norte corresponde a 0° o 360° , el Este a 90° , el Sur a 180° y el oeste a 270° , respectivamente. Los datos de la velocidad del viento se expresan en km/h. Instalación: el conjunto anemómetro-veleta se instala en la parte más alta del edificio, a un metro y medio, como mínimo, de la base horizontal inferior y sin obstáculos artificiales en su horizontal en los 360° de visión. No se consideran obstáculos los de origen orográfico, pero sí los de origen vegetal o artificial (árboles, edificios, muros, etc.).

Barómetro

El barómetro es el sensor que mide la presión atmosférica. Los datos se expresan en hectoPascals (hPa) o su equivalente en milibares (mb). Este dato se proporciona generalmente reducido a nivel del mar. Instalación: El barómetro debe estar colocado siempre mirando hacia el Norte y lejos de lugares donde pueda haber vibraciones.

Sensor suelo

Es una sonda de suelo in sitio que mide varios parámetros simultáneamente con salida digital. El sensor de suelo calcula instantáneamente la humedad del suelo, conductividad eléctrica / salinidad y temperatura.

Especificaciones de montaje físico

Preinstalación:

Antes de montar una estación, es necesario determinar el lugar de emplazamiento y realizar los puntos de anclaje del sistema soporte de mástil y pluviómetro (de ser necesario). Es recomendable que el equipo, en la medida de lo posible, se sitúe en un lugar que esté exento en su entorno de edificaciones o estructuras que impidan el paso del viento, de la lluvia o den sombra. Seleccionado el punto de instalación, se realizará la cogida del triángulo de soporte de la torreta (placa rígida o tres barras con triangulo s/ torretas)

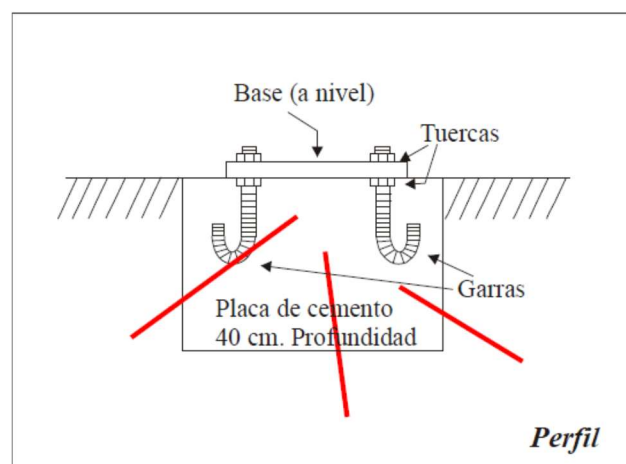


Figura 3. Diagrama Anclaje estructura estación al suelo.

Para instalaciones sobre asfalto, Acerados, terrazas y otras superficies rígidas, se pueden realizar 3 taladros con tacos y tornillos, o bien, un cuadrado de cemento sobre la superficie (en la que embeber el triángulo como en la instalación sobre tierra) Se puede realizar también una instalación con cogida en plano vertical sobre pared, siendo recomendable una distancia entre las cogidas ($\longleftrightarrow$), de 80 cm. (dependiendo del número de componentes a instalar en el mástil) En función del tipo de terreno y condiciones meteorológicas (especialmente viento), puede ser recomendable, la utilización de unas gavillas más grandes, la ampliación del hueco para el hormigón o la utilización de vientos de cogida. Si el soporte del pluviómetro es vertical se deberá realizar el mismo proceso, pudiendo reducir las dimensiones con un hueco en el suelo relleno de hormigón de 40X40 cm. de superficie y 30 cm. de profundidad y dejando varios metros de separación entre el punto de instalación del mástil y el pluviómetro para que el primero no interfiera en las lecturas de lluvia.



Figura 4. Instalación Pluviómetro

La longitud por defecto del cable del pluviómetro es de 10 metros. Por ello, el punto de instalación del mástil y el pluviómetro no deben estar separados más de 7 metros.

(Dependiendo del recorrido del cable)



Figura 5. Estación Meteorológica (La estructura definitiva de montaje, será (en función de los sensores))

La imagen derecha incluye sensores a menor altura, debido a las condiciones de montaje de esa instalación en particular. Las alturas y orden de montaje son variables en función de la disponibilidad o condiciones del entorno, procurando siempre, no obstaculizar la lectura del sensor. Por ejemplo, no colocar el radiómetro con algún elemento encima que pueda taparlo e inducir una lectura errónea; de la misma forma, no debe colocarse el

pluviómetro demasiado cerca del mástil de la Estación Meteorológica modificando la incidencia de la lluvia sobre el pluviómetro, etc.

Panel Solar

Montar el panel solar en el soporte metálico en forma de U, atornillando con los 4 tornillos que se acompañan en el propio panel. El panel solar debe quedar inclinado siendo la parte superior la más cercana al mástil. El proceso será el mismo para la instalación de 2 paneles solares.

Recuerde mantener el extremo del cable sin contactar ya que el panel dará tensión desde que comience a recibir luz solar.

La instalación del panel solar bajo el soporte del radiómetro/piranómetro/Celda De referencia, provocará una pequeña sombra en el panel. Al situar el panel sobre el sensor de radiación, aunque no se provoque sombra, si se obtendría una lectura falseada de radiación por el reflejo de los paneles sobre los sensores de radiación.

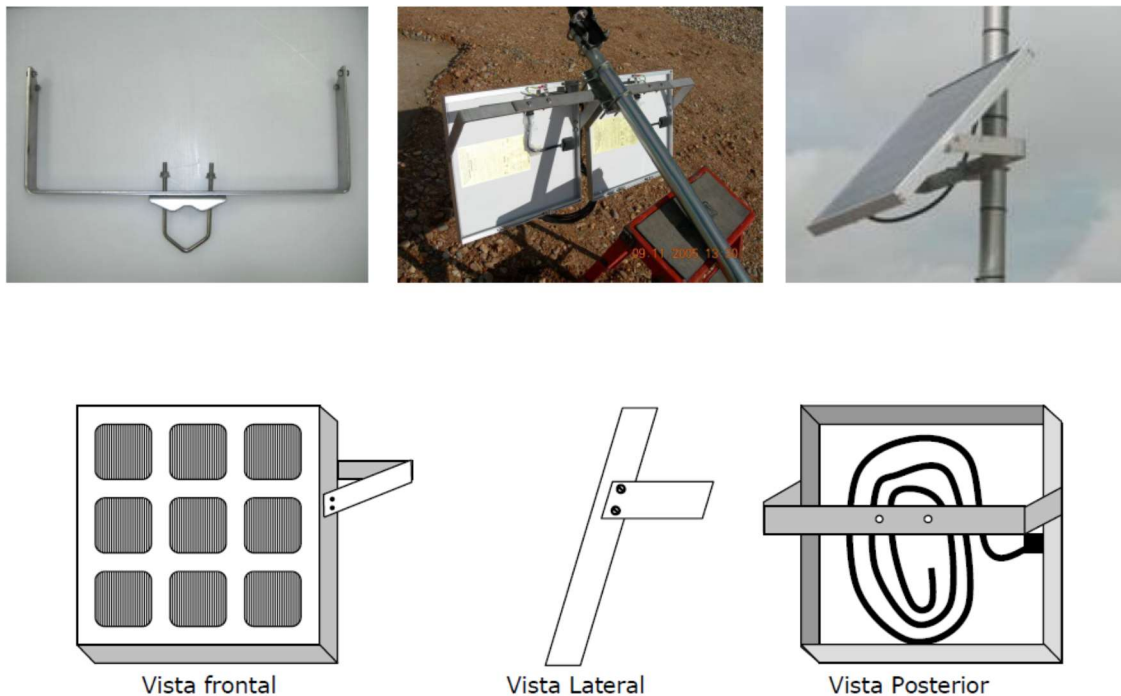


Figura 6. Panel Solar y batería.

Respete la polaridad de Panel Solar, Batería y conectores. Excepto indicación expresa, los cables rojos corresponden al positivo (alimentación 12Vcc) y los cables negros al negativo (masa gen) Mientras acceda al conexionado de alimentación para conectar el panel solar o baterías, desconecten la alimentación general de la Estación Meteorológica desenchufando la borna verde de 4 pines.

Especificaciones de ambiente de operación

Las condiciones de operación de las estaciones meteorológicas en el sitio (los cultivos de palma Africana) son las siguientes:

Clima: Tropical húmedo.

Suelos: Los mejores suelos son los limosos, profundos y franco limosos. Se deben evitar suelos con texturas extrema especialmente arcillosos y arenosos. Requiere de suelos bien drenados que eviten que se lave el terreno y produzcan lixiviación de nutrientes.

PH: De 4.5- 7.5 optimo, pero se adapta desde 3 a 8.2 niveles altos de calcio intercambiables puede ocasionar problemas en la absorción de cationes.

Precipitación pluvial: Optimo 1700- 2000 mm al año. 150 mm al mes. Precipitaciones mayores a 400 mm al mes durante julio a octubre, en precipitaciones menores a 1500 mm anuales se deben efectuar riegos complementarios en los meses más secos.

Altitud: 3-700 msnm

Pendientes: Hasta el 25%

Temperaturas: 23- 27 °C optima, adaptable de 20-35 grados °C. Debajo de 19 °C son detrimentales.

Humedad relativa: 70-90%

Luminosidad: 1500-2000 horas luz por año.

Normativa técnica a cumplir

Con el fin de dar cumplimiento a la normatividad se mencionan a continuación las normas y/o recomendaciones que rigen este proyecto.

- NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 4422-2
- NORMA TÉCNICA NTC-ISO COLOMBIANA 22000
- RETIE
- ISO 14001

- ISO 9001
- NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 1000
- NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 2050
- NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 947-1

Requerimientos legales y de contratación

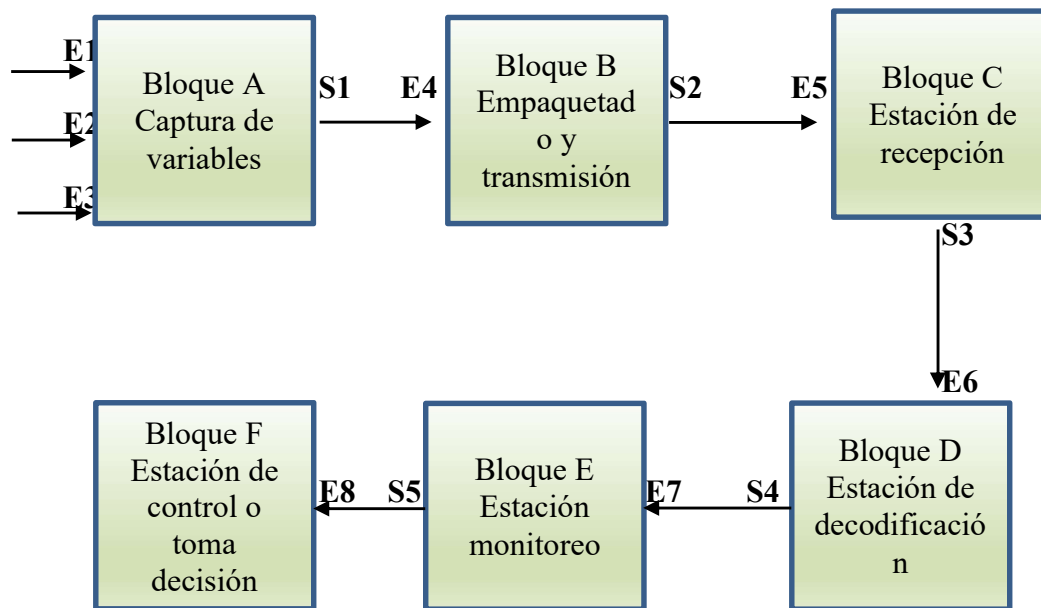
Legales

- ANLA Certificación 3862
- Ley 99 de 1993
- ANLA Certificación 3914
- Principios legales de la contratación administrativa (Ley 80 1993)

Capítulo 3

La ingeniería básica

Diagrama de bloques de la solución



Descripción de la solución

Por medio de los sensores instalados en campo se van a tomar medidas de los parámetros ambientales con un periodo de tiempo mínimo de 2 minutos y máximo de 1 hora, según el analista de proceso estime conveniente (los tiempos se pueden ajustar al proceso interno), una vez tomados los datos el datalogger instalado deberá almacenar la información y enviarla cada hora por GPRS (la operación de envío de la información debe hacerse de forma automática, sin embargo el datalogger debe almacenar por lo menos el último año en su memoria como respaldo), la información transmitida por el datalogger debe ser recibida en un servidor en una carpeta FTP de la cual la estación de decodificación extraerá los archivos entrantes y los convertirá en un formato entendible

para el software de monitoreo; una vez realizada la conversión de la información, esta deberá ser procesada por el software de monitoreo ubicado en la estación de monitoreo. La estación de monitoreo deberá presentar alertas cuando las condiciones ambientales estén por fuera de los rangos apropiados para el cultivo y a su vez enviar dicha alerta a la estación de control o toma de decisiones, donde debe estar ubicado el agrónomo o una persona que este familiarizado con el cultivo y esa persona deberá tomar la decisión de aplicar las medidas pertinentes para garantizar la salud de la plantación en el área que este presentando cambios medio ambientales.

Capítulo 4

La ingeniería de detalle

Escogencia de componentes

Se van a instalar una estación completa la cual consta de:

- 1 torre en acero galvanizado con pintura electrostática de 20m.
- 1 gabinete de 800x600 ref. Marina marca Legrand en el cual van a estar los equipos electrónicos
- 1 batería de 12V100AH
- 1 panel solar 60W 12V
- 1 regulador marca OTT Ref. OTT PCU12
- 1 sensor Ventus (Sensor ultrasónico calefactable de viento)
- 1 sensor Pluviometro RIMCO Ref. RIM8500
- 3 sensores de Humedad del suelo, Temperatura, conductividad y Salinidad Ref. Hydra Probe II marca Adcon
- 1 sensor de temperatura y humedad marca OTT
- 1 Datalogger marca OTT Ref. netDL 500 con modem GSM/GPRS integrado, antena GPRS, Puerto RS232, Puerto SDI-12, Puerto Rs 485, 2 entradas estado/ impulso, 2 salidas de conmutación, 8 entradas analógicas, antena plana.
- 1 barómetro marca setra

Se van a instalar 1 estaciones secundarias compuestas por:

- 1 mástil abatible en acero galvanizado con pintura electrostática de 20m.
- 1 gabinete de 500x600 ref. Marina marca Legrand en el cual van a estar los equipos electrónicos
- 1 batería de 12V75AH
- 1 panel solar 40W 12V
- 1 regulador marca OTT Ref. OTT PCU12
- 1 sensor Pluviometro RIMCO Ref. RIM8500
- 3 sensores de Humedad del suelo, Temperatura, conductividad y Salinidad Ref. Hydra Probe II marca Adcon
- 1 sensor de temperatura y humedad marca OTT
- 1 Datalogger marca OTT Ref. netDL 500 con modem GSM/GPRS integrado, antena GPRS, Puerto RS232, Puerto SDI-12, Puerto Rs 485, 2 entradas estado/ impulso, 2 salidas de conmutación, 8 entradas analógicas, antena plana.
- barómetro marca setra

Se van a instalar 6 estaciones básicas compuestas por:

- 1 mástil abatible en acero galvanizado con pintura electrostática de 20m.
- 1 gabinete de 500x600 ref. Marina marca Legrand en el cual van a estar los equipos electrónicos
- 1 batería de 12V75AH
- 1 panel solar 40W 12V
- 1 regulador marca OTT Ref. OTT PCU12
- 4 sensores de Humedad del suelo, Temperatura, conductividad y Salinidad Ref. Hydra Probe II marca Adcon
- 1 sensor de temperatura y humedad marca OTT
- 1 Datalogger marca OTT Ref. netDL 500 con modem GSM/GPRS integrado, antena GPRS, Puerto RS232, Puerto SDI-12, Puerto Rs 485, 2 entradas estado/ impulso, 2 salidas de conmutación, 8 entradas analógicas, antena plana.

1 Software con licencia para la decodificación de mensajes GPRS Hydras3 RX

2 Software con licencia para procesamiento de la información Hydras3

Nota 1: La empresa contratante debe suministrar una carpeta FTP para hacer la recepción de los datos transmitidos por las 25 estaciones de monitoreo, adicionalmente debe tener mínimo dos estaciones de trabajo para instalación del software Hydras3

Nota 2: Dentro de la propuesta están incluidos los soportes y las cantidades de cable necesario para la instalación de los sensores.

Diagramas y planos de la solución

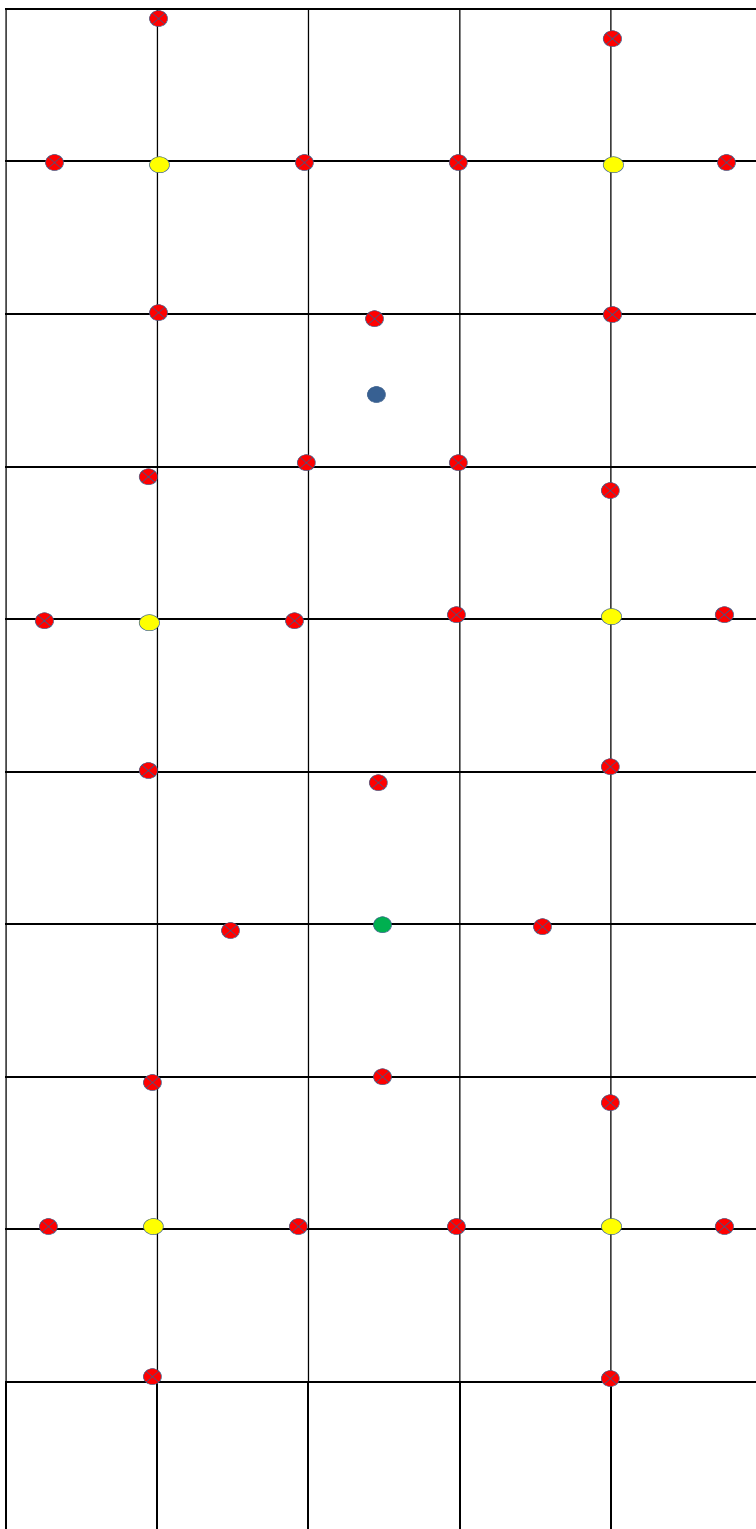
Nota cada cuadro simboliza una hectárea, se tienen 50 hectáreas en total.

Estación completa 

Estación secundaria 

Estación básica 

Sensor Hydra Probe 



Listado de elementos

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Torre en acero galvanizado de 20 metros	1
2	Gabinete de 800x600 ref. Marina marca Legrand	1
3	Batería de 12V100AH	8
4	Panel solar 60W 12V	8
5	Regulador marca OTT Ref. OTT PCU12	8
6	Sensor Ventus (Sensor ultrasónico calefactable de viento)	1
7	Sensor Pluviometro RIMCO Ref RIM8500	2
8	Sensor de Humedad del suelo, Temperatura, conductividad y Salinidad Ref. Hydra Probe II marca Adcon	31
9	Sensor de temperatura y humedad marca OTT	8
10	Datalogger marca OTT Ref. netDL 500 con modem GSM/GPRS integrado, antena GPRS, Puerto RS232, Puerto SDI-12, Puerto Rs485, 2 entradas estado/ impulso, 2 salidas de conmutación, 8 entradas analógicas, antena plana.	8
11	Barómetro marca setra	2
12	Gabinete de 500x600 ref. Marina marca Legrand	7
13	Mástil abatible de 20 metros en acero galvanizado	7
14	Software Hydras3 RX	1
15	Software con licencia servidor Hydras3	1
16	Software con licencia estación Hydras3	1

Tabla 1. Cantidades y Descripción de los artículos necesarios.

En caso de requerirse algún tipo de garantía con fábrica los equipos que se van a entregar para realizar el Plug and play y que el sistema no se vea perjudicado son:

Ítem	Descripción	Cantidad
1	Regulador marca OTT Ref. OTT PCU12	1
2	Sensor de Humedad del suelo, Temperatura, conductividad y Salinidad Ref. Hydra Probe II marca Adcon	3
3	Datalogger marca OTT Ref. netDL 500 con modem GSM/GPRS integrado, antena GPRS, Puerto RS232, Puerto SDI-12, Puerto Rs485, 2 entradas estado/ impulso, 2 salidas de conmutación, 8 entradas analógicas, antena plana.	2

Tabla 2. Artículos entregados al cliente por garantía.

Capítulo 5

Factibilidad técnica del proyecto

Evaluación de la factibilidad técnica del proyecto

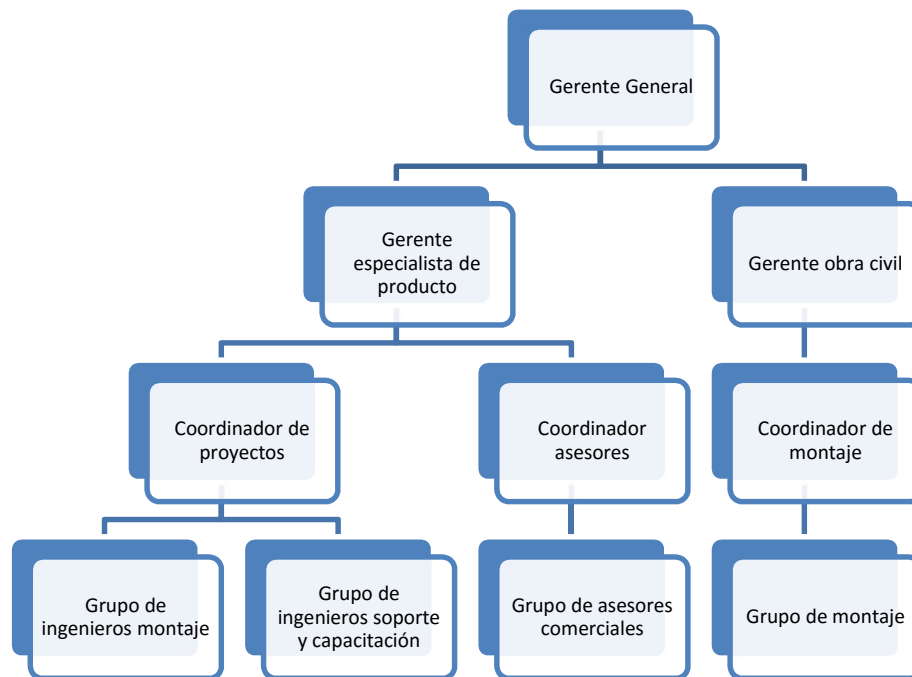
Una plantación de palma africana tiene una vida útil de 25 años, el proyecto piloto para la automatización de la recolección de datos medio ambientales es altamente realizable, ya que según estudios realizados en Nicaragua en un estudio realizado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura OEA en el año 2006 en la página 3 hacen referencia a la producción y a la mejora de la producción al controlar y regular algunos factores medio ambientales, al automatizar la recolección de datos y los sistemas de riego y de fertilización se tiene un incremento en la producción de almendra de palma africana cercana al 50%, lo que hace que la inversión sea recuperada en aproximadamente 3 años de los 25 que tiene el cultivo como vida efectiva.

Adicionalmente se debe tener en cuenta que las estaciones también van a ayudar con el control de algunas plagas que se presentan en los cultivos de palma africana.

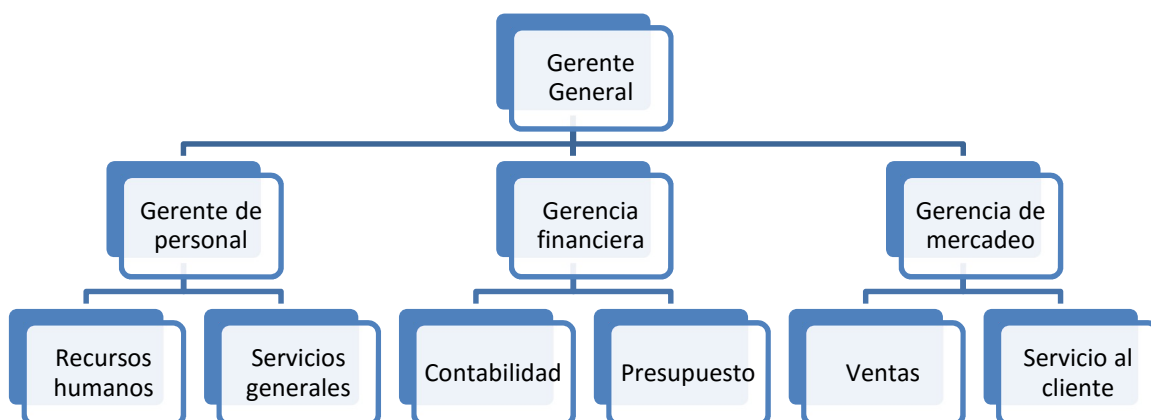
Capítulo 6

Los recursos que requiere el proyecto

Organigrama del equipo asignado al proyecto



Organigrama de la estructura administrativa



Asignación de recursos

Tabla 3. Recursos nivel 3

Recursos para tarea de nivel 3			
TAREA	Caso de negocio		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	1s
Personal operativo	Coordinador Asesores	1	1s
	Asesor Comercial	1	1s
Bienes de capital (maquinaria)			
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	3	1s
Materiales (a entregar al cliente)			

1*

TAREA	Ingeniería Conceptual		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	1s
Personal operativo	Coordinador Asesores	1	1s
	Asesor Comercial	1	1s
Bienes de capital (maquinaria)			
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	3	1s
Materiales (a entregar al cliente)			

TAREA	Ingeniería Básica		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	1s
Personal operativo	Coordinador Proyectos	1	1s
	Ingeniero de montaje	1	1s
Bienes de capital (maquinaria)			
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	3	1s
Materiales (a entregar al cliente)			

2*

TAREA	Ingeniería de detalle		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	2s
Personal operativo	Coordinador Proyectos	1	2s
	Ingeniero de montaje	1	2s
Bienes de capital (maquinaria)			
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	3	2s
Materiales (a entregar al cliente)			

TAREA	Procura/Suministro		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	8s
Personal operativo	Coordinador Asesores	1	8s
	Personal de compras	2	8s
Bienes de capital (maquinaria)	Vehículo	3	1s
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	4	8s
Materiales (a entregar al cliente)	Estación completa	1	8s
	Estación secundaria	1	8s
	Estación básica	6	8s

TAREA	Adecuación		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente obra civil	1	1s
Personal operativo	Coordinador de montaje	1	1s

	Personal de obra civil	2	1s	3*
Bienes de capital (maquinaria)	Vehículo	1	1s	
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	2	1s	
Materiales (a entregar al cliente)				

TAREA	Montaje		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Obra Civil	1	3s
Personal operativo	Coordinador de montaje	1	3s
	Personal obra Civil	5	3s
Bienes de capital (maquinaria)	Vehículo	2	3s
	Kit para montaje	2	3s
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	2	3s
Materiales (a entregar al cliente)	Obra civil	8	3s
	Anclajes	10	3s

TAREA	Puesta en servicio		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	3s
Personal operativo	Coordinador de proyectos	1	3s
	Ingenieros de montaje	6	3s
Bienes de capital (maquinaria)	Vehículo	3	3s

	Kit para montaje y configuración	3	3s
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	8	3s
Materiales (a entregar al cliente)	Estación completa	1	1s
	Estación secundaria	1	1s
	Estación básica	6	2s

TAREA	Garantía		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	2 ^a
Personal operativo	Coordinador de proyectos	1	2 ^a
	Ingenieros de soporte	2	2 ^a
Bienes de capital (maquinaria)	Vehículo	1	4s
	Kit de montaje y configuración	1	4s
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	4	4s
Materiales (a entregar al cliente)	Regulador OTT	1	8s
	Sensor Humedad del suelo	3	8s
	Datalogger netdl 500	2	8s

TAREA	Soporte		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	4s
Personal operativo	Coordinador de proyectos	1	4s
	Ingenieros de soporte	2	4s
Bienes de capital (maquinaria)	Vehículo	1	4s
	Kit de configuración	1	4s
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	4	4s

Materiales (a entregar al cliente)	Informe de soporte Técnico		4s

TAREA	Capacitación		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	1s
Personal operativo	Coordinador de proyectos	1	1s
	Ingenieros de capacitación	1	1s
Bienes de capital (maquinaria)			
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	3	1s
Materiales (a entregar al cliente)	Memorias	5	1s
	Certificado de asistencia	5	1s

TAREA	Documentación		
Recurso	Nombre	Cantidad	Duración
Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	1s
Personal operativo	Coordinador asesores	1	1s
	Asesor comercial	1	1s
Bienes de capital (maquinaria)			
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	3	1s
Materiales (a entregar al cliente)	Certificados de equipos	50	1s
	Carta de inicio y finalización	2	1s
	Cronograma	1	1s

	Propuesta	1	1s

Tabla 4. Recursos nivel 2

Recursos para tarea de nivel 2			
TAREA	Conceptualización		
	Recurso	Nombre	Cantidad Duración
1*	Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1 2s
	Personal operativo	Coordinador Asesores	1 2s
	Bienes de capital (maquinaria)		
	Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	2 2s
	Materiales (a entregar al cliente)	Planteamiento de la propuesta	1 2s
TAREA	Diseño		
	Recurso	Nombre	Cantidad Duración
2*	Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1 3s
	Personal operativo	Coordinador Proyectos	1 3s
	Bienes de capital (maquinaria)		
	Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	2 3s
			3s
	Materiales (a entregar al cliente)	Planos	1 3s

3*	TAREA	Implementación			5*
	Recurso	Nombre	Cantidad	Duración	
	Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	17s	
	Personal operativo	Coordinador Asesores	1	17s	
		Gerente Obra Civil	1	17s	
	Bienes de capital (maquinaria)				
	Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	3	17s	
	Materiales (a entregar al cliente)				
4*	TAREA	Operación			5*
	Recurso	Nombre	Cantidad	Duración	
	Directivo responsable	Gerente Especialista Producto	1	2a	
	Personal operativo	Coordinador de proyectos	1	2a	
		Coordinador asesores	1	2a	
	Bienes de capital (maquinaria)				
	Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	3	2a	
	Materiales (a entregar al cliente)				

Tabla 5. Recursos nivel 1

Recursos para tarea de nivel 1			
TAREA	PROYECTO DE INGENIERÍA		
Recurso	Nombre	Cantida d	Duració n
Directivo responsable	Gerente General	1	20s
Personal operativo	Gerente Especialista Producto	1	20s
	Gerente Obra Civil	1	20s
Bienes de capital (maquinaria)			
Bienes de capital (equipos)	Computadores personales	3	20s
Materiales (a entregar al cliente)			

Costos de las actividades de ingeniería

Actividad	Duración	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración(s)	Costo (u), (t)	Costo total
Ingeniería conceptual	1s	Responsable	Gerente Especialista Producto	1	1	\$1.000.000	\$1.000.000
		Personal	Coordinador Asesores	1	1	\$500.000	\$500.000
			Asesor Comercial	1	1	\$400.000	\$400.000
		Equipos	Computadores personales	3	1	\$50.000	\$150.000
TOTAL							\$2.050.000

Actividad	Duración	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración(s)	Costo (u), (t)	Costo total
Ingeniería básica	1s	Responsable	Gerente Especialista Producto	1	1	\$1.000.000	\$ 1.000.000
		Personal	Coordinador Proyectos	1	1	\$ 400.000	\$ 400.000
			Ingeniero de montaje	1	1	\$ 300.000	\$ 300.000
		Equipos	Computadores personales	3	1	\$ 50.000	\$ 150.000
							\$ -
TOTAL							\$ 1.850.000

Tabla 8. Costo ingeniería de detalle

Actividad	Duración	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración(s)	Costo (u), (t)	Costo total
Ingeniería de detalle	2s	Responsable	Gerente Especialista Producto	1	2	\$1.000.000	\$ 2.000.000
		Personal	Coordinador Proyectos	1	2	\$ 400.000	\$ 800.000
			Ingeniero de montaje	1	2	\$ 300.000	\$ 600.000
		Equipos	Computadores personales	3	2	\$ 50.000	\$ 300.000
TOTAL							\$ 3.700.000

Tabla 9. Costo total de la ingeniería

ACTIVIDAD	COSTO
INGENIERÍA CONCEPTUAL	\$ 2.050.000
INGENIERÍA BÁSICA	\$ 1.850.000
INGENIERÍA DE DETALLE	\$ 3.700.000
COSTOS DE LA INGENIERÍA	\$ 7.600.000

Costos de los activos que se entregarían al cliente

Tabla 10. Costos activos a entregar

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Torre en acero galvanizado de 20 metros	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000
2	Gabinete de 800x600 ref. Marina marca Legrand	1	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
3	Batería de 12V100AH	8	\$ 300.000	\$ 2.400.000
4	Panel solar 60W 12V	8	\$ 200.000	\$ 1.600.000
5	Regulador marca OTT Ref. OTT PCU12	8	\$ 200.000	\$ 1.600.000

6	Sensor Ventus (Sensor ultrasónico calefactable de viento)	1	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
7	Sensor Pluviometro RIMCO Ref RIM8500	2	\$ 3.000.000	\$ 6.000.000
8	Sensor de Humedad del suelo, Temperatura, conductividad y Salinidad Ref. Hydra Probe II marca Adcon	31	\$ 8.000.000	\$ 248.000.000
9	Sensor de temperatura y humedad marca OTT	8	\$ 2.000.000	\$ 16.000.000
10	Datalogger marca OTT Ref. netDL 500 con modem GSM/GPRS integrado, antena GPRS, Puerto RS232, Puerto SDI-12, Puerto Rs485, 2 entradas estado/ impulso, 2 salidas de conmutación, 8 entradas analógicas, antena plana.	8	\$ 7.500.000	\$ 60.000.000
11	Barómetro marca setra	2	\$ 1.500.000	\$ 3.000.000
12	Gabinete de 500x600 ref. Marina marca Legrand	7	\$ 1.300.000	\$ 9.100.000
13	Mástil abatible de 20 metros en acero galvanizado	7	\$ 2.500.000	\$ 17.500.000
14	Software Hydras3 RX	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
15	Software con licencia servidor Hydras3	1	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
16	Software con licencia estación Hydras3	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Total				\$ 385.700.000

Costo activos garantía y soporte

Tabla 11. Costos activos a entregar por garantía

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	Regulador marca OTT Ref. OTT PCU12	1	\$ 200.000	\$ 200.000
2	Sensor de Humedad del suelo, Temperatura, conductividad y Salinidad Ref. Hydra Probe II marca Adcon	3	\$ 8.000.000	\$ 24.000.000

3	Datalogger marca OTT Ref. netDL 500 con modem GSM/GPRS integrado, antena GPRS, Puerto RS232, Puerto SDI-12, Puerto Rs485, 2 entradas estado/ impulso, 2 salidas de conmutación, 8 entradas analógicas, antena plana.	2	\$ 7.500.000	\$ 15.000.000
Total				\$ 39.200.000

Total costos fijos

Tabla 12. Costos fijos

ACTIVIDAD	COSTO
VALOR ACTIVOS A ENTREGAR AL CLIENTE	\$ 385.700.000
VALOR ACTIVOS PARA GARANTÍA Y SOPORTE	\$ 39.200.000
VALOR DE LICENCIAS DE OPERACIÓN	\$ -
COSTO DEL PROCESO DE CONTRATACIÓN	\$ -
VALOR DEL PERFECCIONAMIENTO	\$ -
COSTO DE LA INGENIERÍA	\$ 7.600.000
COSTOS FIJOS	\$432.500.000

Costos variables

Costos variables directos

Tabla 13. Costos por procura

Actividad	Duración	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (s)	Costo (u), (t)	Costo total
Procura	8s	Responsable	Gerente Especialista Producto	1	8	\$1.000.000	\$8.000.000
		Personal	Coordinador Asesores	1	8	\$500.000	\$4.000.000
			Personal de compras	2	8	\$250.000	\$4.000.000
		Equipos	Computadores personales	4	8	\$50.000	\$1.600.000

Tabla 16. Costos por puesta en servicio

Actividad	Duración	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (s)	Costo (u), (t)	Costo total
Puesta en servicio	3s	Responsable	Gerente Especialista Producto	1	3	\$1.000.000	\$3.000.000
		Personal	Coordinador de proyectos	1	3	\$400.000	\$ 1.200.000
			Ingenieros de montaje	6	3	\$300.000	\$5.400.000
		Equipos	Computadores personales	8	3	\$ 50.000	\$ 1.200.000
TOTAL							\$10.800.000

Tabla 17. Costos por soporte

Actividad	Duración	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (s)	Costo (u), (t)	Costo total
Soporte	4s	Responsable	Gerente Especialista Producto	1	4	\$1.000.000	\$4.000.000
		Personal	Coordinador de proyectos	1	4	\$ 400.000	\$1.600.000
			Ingenieros de soporte	2	4	\$ 300.000	\$2.400.000
		Equipos	Computadores personales	4	4	\$ 50.000	\$ 800.000
							\$ -
TOTAL							\$8.800.000

Tabla 18. Costos por capacitación

Actividad	Durac.	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (s)	Costo (u), (t)	Costo total
Capacitación	1s	Responsable	Gerente Especialista Producto	1	1	\$1.000.000	\$1.000.000
		Personal	Coordinador de proyectos	1	1	\$ 400.000	\$ 400.000

			Ingenieros de capacitación	1	1	\$ 300.000	\$ 300.000
		Equipos	Computadores personales	3	1	\$ 50.000	\$ 150.000
							\$ -
TOTAL							\$1.850.000

Tabla 19. Costos por documentación

Actividad	Dur ac.	Recurso	Desc./nombre	Cant.	Duración (s)	Costo (u), (t)	Costo total
Documentación	1s	Responsable	Gerente Especialista Producto	1	1	\$1.000.000	\$1.000.000
		Personal	Coordinador asesores	1	1	\$ 500.000	\$ 500.000
			Asesor comercial	1	1	\$ 400.000	\$ 400.000
		Equipos	Computadores personales	3	1	\$ 50.000	\$150.000
							\$ -
TOTAL							\$2.050.000

Tabla 20. Total costos variables directos

ACTIVIDAD	COSTO
PROCURA	\$17.600.000
ADECUACIÓN	\$ 2.200.000
MONTAJE	\$ 9.300.000
ARRANQUE	\$ -
PUESTA EN SERVICIO	\$10.800.000
USO DE BIENES DE CAPITAL	\$ -
ENTREGA	\$ -
SOPORTE	\$ 8.800.000
CAPACITACIÓN	\$ 1.850.000
DOCUMENTACIÓN	\$ 2.050.000
TOTAL DE LOS COSTOS VARIABLES DIRECTOS	\$52.600.000

Tabla 21. Costos por tarea de nivel

TAREAS NIVEL 4	TAREAS NIVEL 3	TAREAS NIVEL 2	TAREA NIVEL 1
Costo tarea de nivel 4	Costo Caso de negocio: \$2.050.000	Costo Conceptualización: \$4.100.000	Costo Proyecto:\$67.250.000
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4	Costo Ing. Conceptual: \$2.050.000	Costo Diseño: \$5.550.000	
Costo tarea de nivel 4	Costo Ing. Básica: \$1.850.000		
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4	Costo Ing. de Detalle:\$3.700.000		
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4	Costo Procura: \$17.600.000		
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4	Costo Adecuación: \$2.200.000	Costo Implementación: \$39.900.000	
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4			

Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4	Costo Puesta en servicio: \$10.800.000		
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4	Costo Capacitación: \$1.850.000	Costo inicio operación: \$17.700.000	
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4	Costo Documentación: \$2.050.000		
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4	Costo Soporte: \$8.800.000		
Costo tarea de nivel 4			
Costo tarea de nivel 4	Costo Garantía: \$5.000.000		
Costo tarea de nivel 4			

Costos variables indirectos

Tabla 22. Gastos administrativos de la empresa

Cargo	Salario Mensual	Carga prestacional	Valor (u), (t)	Cant.	Total
Gerente General	\$ 10.000.000	\$ 4.233.000	\$ 2.500.000	17	\$ 60.490.250

Gerente personal de	\$ 5.000.000	\$ 2.116.500	\$ 1.250.000	17	\$ 30.245.125
Gerente financiero	\$ 5.000.000	\$ 2.116.500	\$ 1.250.000	17	\$ 30.245.125
Gerente mercadeo de	\$ 5.000.000	\$ 2.116.500	\$ 1.250.000	17	\$ 30.245.125
Recursos humanos	\$ 1.200.000	\$ 507.960	\$ 300.000	17	\$ 7.258.830
Servicios generales	\$ 700.000	\$ 296.310	\$ 175.000	17	\$ 4.234.318
Contabilidad	\$ 1.500.000	\$ 634.950	\$ 375.000	17	\$ 9.073.538
Presupuesto	\$ 1.200.000	\$ 507.960	\$ 300.000	17	\$ 7.258.830
Ventas	\$ 3.000.000	\$ 1.269.900	\$ 750.000	17	\$ 18.147.075
Servicio cliente al	\$ 1.200.000	\$ 507.960	\$ 300.000	17	\$ 7.258.830
TOTAL					\$ 204.457.045

Tabla 23. Gastos generales de la empresa

Concepto	Duración	Valor (u), (t)	Total
Arrendamiento,	mensual	\$ 8.000.000	\$ 34.000.000
Pago de servicios públicos,	mensual	\$ 5.000.000	\$ 21.250.000
Gastos de Publicidad	mensual	\$ 2.000.000	\$ 8.500.000
Seguros,	mensual	\$ 5.000.000	\$ 21.250.000
Seguridad,	mensual	\$ 3.000.000	\$ 12.750.000
Cuotas de Administración,	mensual	\$ 1.000.000	\$ 4.250.000
Cafetería,	mensual	\$ 3.000.000	\$ 12.750.000
Papelería	mensual	\$ 2.500.000	\$ 10.625.000
Total			\$ 125.375.000

Tabla 24. Gastos financieros de la empresa

Ítem	Descripción	Costo (u), (t)
1	4X1000	\$ 500.000
2		
3		
4		
TOTAL		\$ 500.000

Tabla 25. Prorratio del overhead a cargo del proyecto

Concepto	Total gasto
Gastos administrativos	\$ 204.457.045
Gastos Generales	\$ 125.375.000
Gastos financieros	\$ 500.000
Total Gastos	\$ 330.332.045
Proyectos activos	
Overhead cargado al proyecto	

Costo total del proyecto

Tabla 26. Costo total del proyecto

Concepto	Totales
Costos Fijos	\$ 432.500.000,00
Costos variables directos	\$ 52.600.000
Costos variables indirectos	\$ 330.332.045
Costo total del proyecto	\$ 815.432.045,00

Estado de resultados*Tabla 27.* Estado de resultados

Total de ingresos de la empresa	\$ 815.432.045
Costo de producción	<u>\$ 272.650.000</u>
Utilidad Bruta	\$ 542.782.045
Gastos de operación	<u>\$ 319.707.045</u>
Utilidad antes de impuestos	\$ 223.075.000
Impuestos de ley	<u>\$ 78.076.250</u>
Utilidad operacional	\$ 144.998.750
Depreciación	\$ 956.250
Amortizaciones	<u>\$ 3.512.153</u>
Utilidad neta	\$ 140.530.347

Capítulo 8

Análisis de resultados y resultados esperados

Según un estudio realizado en Nicaragua al llevar a cabo un proyecto de automatización en las plantaciones de palma africana se tiene un incremento en la producción mínimo de aproximadamente el 50% aumentando por hectárea la producción en 1.5T anuales, lo que implica que la inversión en el proyecto se debe recuperar como se ve en la siguiente tabla.

Tabla 28. Análisis de retorno de la inversión

Incremento de toneladas X hectárea al año**	1,5
Incremento de toneladas X 50 hectáreas al año	75
Valor tonelada de almendra al año*	\$ 927.000
Valor Total de 50T al año	\$ 69.525.000
Valor del proyecto	\$ 815.432.045
Cantidad de años para recuperar la inversión	12

*Se toma el valor actual a la fecha (septiembre 2015) de la tonelada de almendra de palma africana para realizar los cálculos

** Incremento mínimo esperado en la producción de palma africana.

Por ser un proyecto piloto no se espera que la ganancia sea considerable como lo muestra el estado de resultados, ya que la ganancia significativa para la empresa contratista se vería al realizar la instalación de las estaciones para 8000 hectáreas que es un cultivo típico, de igual manera el costo final de la inversión por parte de la empresa contratante disminuye al disminuir los costos variables indirectos ya que de las 18 semanas que dura el proyecto 10 son de importación de los equipos, haciendo que la inversión se recupere más rápidamente.

Lista de referencias

- (Quijano, 2006), Cultivo de palma Africana IICA
<http://www.galeon.com/subproductospalma/guiapalma.pdf> [Visitada Julio 2015]
- (Martínez, 2013) Panorama de la agroindustria palmera retos y oportunidades.
Seminario: “La agroindustria de la palma de aceite: un negocio sostenible e inclusivo”
Fedepalma, APE y Universidad de la Sabana
http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Panoramaagroindustriapalmeraretosyopportunidades_opt.pdf [Visitada Julio 2015]
- (Segura, 2010) Segura, Luis. EJERCICIO EAD Agricultura de Precisión.
(Lizarazo, 2011) Ivan. [Revista de Ingeniería](#). Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite "*ElaeisGuineensis*" e híbrido *O x G*.
- (Romero, 2008) Hernán. La agricultura de precisión en el manejo del cultivo de la palma de aceite
- (Romero, 2008) Hernán. Lineamientos de la agricultura de precisión para la sostenibilidad y la competitividad de la palma de aceite.
- (Esparsa, 2009) Pablo Fusariosis, (*Fusarium oxysporum*) en las Palmeras.
<http://www.verticaliavalencia.es/2009/07/fusariosis-fusarium-oxysporum-en-las.html>
[Visitada Agosto 2015]