



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DE LA
MAQUINARIA AGRÍCOLA EN INGENIO PANTALEÓN**

José Renato Coronado Mejía

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, febrero de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
DIARIO DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA EN INGENIO PANTALEÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ RENATO CORONADO MEJÍA

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, FEBRERO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA EN INGENIO PANTALEÓN

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 23 de mayo de 2016.

José Renato Coronado Mejía



Guatemala, 24 de octubre de 2017
REF.EPS.DOC.742.10.17.

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Director a.i. Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Arrivillaga Ochaeta.

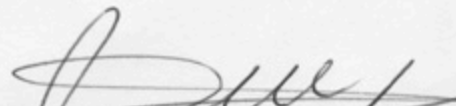
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Renato Coronado Mejía** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201122743, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA EN INGENIO PANTALEÓN.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
CACC/ra





Guatemala, 24 de octubre de 2017
REF.EPS.D.428.10.17

Ing. Roberto Guzmán
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA EN INGENIO PANTALEÓN**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Renato Coronado Mejía** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Director de Unidad de EPS



/ra



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.321.2017

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA EN INGENIO PANTALEÓN**, desarrollado por el estudiante **José Renato Coronado Mejía**, CUI **2422920970101**, Registro Académico **201122743** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, noviembre 2017



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.063.2018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA EN INGENIO PANTALEÓN** del estudiante **José Renato Coronado Mejía**, CUI No. **2422920970101**, Reg. Académico No. **201122743** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero de 2018

/aej

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.075.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DIARIO DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA EN INGENIO PANTALEÓN**, presentado por el estudiante universitario: **José Renato Coronado Mejía**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, febrero de 2018

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser quien me dio la sabiduría y la fuerza para lograr concluir satisfactoriamente mis estudios universitarios.

Mis padres

Rolando Coronado y Luvia Mejía de Coronado.
Por apoyarme incondicionalmente en cada etapa de mi vida personal y estudiantil.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas para desarrollar mis estudios profesionales.
Facultad de Ingeniería	Por haberme formado dentro de sus aulas con los conocimientos y habilidades necesarios para ejercer un oficio con el cual puedo aportar de forma positiva a la sociedad.
Ingenio Pantaleón	Por haberme dado la oportunidad de realizar mi proyecto de graduación dentro de sus instalaciones.
Mi familia	Por toda la ayuda que me han ofrecido durante el proceso escolar en el cual he estado involucrado desde la niñez.
Mis compañeros de la Facultad	Por la amistad brindada, así como el apoyo que recibí de parte de ellos en cada fase de mi carrera universitaria.

1.3.2.	Tipos de mantenimiento	10
1.3.2.1.	Mantenimiento correctivo	11
1.3.2.2.	Mantenimiento predictivo.....	11
1.3.2.3.	Mantenimiento productivo total.....	12
1.3.2.4.	Mantenimiento preventivo	13
1.4.	Maquinaria agrícola utilizada para producción.....	14
1.4.1.	Lista del equipo, labor que realiza y características técnicas	16
1.4.2.	Equipo distribuido por región en la cual se ubican	16
1.5.	Ahorro de energía: menor consumo de combustible de las unidades de mantenimiento	18
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	23
2.1.	Planificación del mantenimiento preventivo diario de la maquinaria agrícola.....	23
2.2.	Recopilación de información de pruebas en campo de la planificación	25
2.3.	Modificación de planificación original	26
2.4.	Creación de bases de datos del cumplimiento de la planificación	27
2.5.	Cotización sistemas de software.....	28
2.6.	Planteamiento de la integración del sistema de software con planificación	31
2.7.	Implementación del sistema en el control del mantenimiento.....	41
2.8.	Recopilación de información de pruebas en campo del sistema de control del mantenimiento	43
3.	FASE DE DOCENCIA.....	49
3.1.	Presentación de resultados.....	49
3.2.	Capacitación del personal de mantenimiento	49

3.2.1. Importancia del orden en las labores de mantenimiento.....	51
3.2.2. Importancia de archivar los documentos usados en las labores	52
3.2.3. Presentación de mejoras y avances.....	53
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	59
ANEXOS	61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del Ingenio Pantaleón	3
2.	Ejemplo elemento específico	15
3.	Primera hoja de control de los mantenimientos	24
4.	Equipo adquirido para el proyecto	32
5.	Pantalla principal del teléfono y de la aplicación.....	33
6.	Pantalla con lista de tractores y lector de chip NFC	35
7.	Secuencia de pasos para guardar un mantenimiento.....	36
8.	Indicador de mantenimiento guardado exitosamente	37
9.	Pantalla opción No Aplica	38
10.	Secuencia de envío de información manualmente	39
11.	Pantalla principal Página de reportes	40
12.	Pantalla cumplimiento de tareas – Página de reportes.....	41
13.	Instalación de chip NFC	42
14.	Método antiguo del control de mantenimiento diario	48
15.	Nuevo método del control de mantenimiento diario.....	48
16.	Capacitación del personal de mantenimiento	51

TABLAS

I.	Descripción de tractores agrícolas del proceso de producción.....	16
II.	Lista de tractores agrícolas Región Centro.....	17
III.	Lista de tractores agrícolas Región Este	18
IV.	Lista de tractores agrícolas Región Oeste.....	18

V.	Distancia entre cascos centrales y cascos secundarios.....	20
VI.	Diferencia entre recorridos reales y teóricos propuestos	21
VII.	Porcentajes de cumplimiento primer mes (control manual).....	26
VIII.	Porcentajes de cumplimiento tres meses (control manual)	28
IX.	Porcentajes de cumplimiento primer mes (control digital)	46
X.	Porcentajes de cumplimiento 18 semanas de zafra (control digital)	47

LISTA DE SÍMBOLOS

GPS	<i>Global Positioning System</i>
km	Kilómetro
NFC	<i>Near Field Communication</i>

GLOSARIO

Desperfecto	Desviación inesperada en relación con los requerimientos de un equipo, lo cual conduce a una acción correctiva.
Disponibilidad	Capacidad de un equipo o máquina de llevar a cabo con éxito su función en un momento determinado, o bien en un periodo específico.
<i>Global Positioning System</i>	Sistema de navegación y localización mediante satélites.
Mantenimiento	Combinación de varias acciones técnicas y acciones asociadas mediante las cuales un equipo o un sistema se conserva o se repara para que la maquinaria realice de manera adecuada su labor.
<i>Near Field Communication</i>	NFC, Tecnología inalámbrica de corto alcance presente en dispositivos móviles. Es utilizada para la identificación y validación de datos, equipos o personas.
Programa de mantenimiento	Lista con los equipos y las tareas de mantenimiento requeridas. Incluye los intervalos con que debe realizarse el mantenimiento.

**Ruta de
mantenimiento**

Documento en el cual se describe la forma de realizar el trabajo. Incluye pasos a seguir, estándares de tiempo y campos para llenar con información específica de cada equipo. Puede llevar también materiales y herramientas que se usarán.

Zafra

Período de aproximadamente seis meses en el cual se cosecha la caña en los ingenios azucareros.

RESUMEN

Para dar inicio al ejercicio profesional supervisado, es muy importante observar durante las primeras semanas las actividades de mantenimiento, así como las condiciones en las que se hacen y su organización, para determinar cuáles son las principales necesidades. Se buscará información sobre rutinas ya existentes y se visitará las distintas fincas del ingenio Pantaleón donde hay centros de mantenimiento, y se entrevistará tanto a operadores como a mecánicos, para entender el proceso del mantenimiento. Luego se analizará todos los datos e información que se encuentre y se realizará cualquier modificación que se crea necesaria sobre la organización de las actividades que se llevan a cabo. A continuación se organizará los equipos mínimos que deben ser revisados por día, indicando cuáles son y se aplicará el mantenimiento preventivo rutinario, el cual utilizará como referencia las horas de funcionamiento de cada equipo. Dicha propuesta se pondrá a prueba en campo.

Se formarán bases de datos que indiquen el cumplimiento diario de los mantenimientos establecidos, con base en la planificación presentada. Estos porcentajes de cumplimiento serán usados para determinar si son necesarios cambios tanto en la planificación como en los recursos involucrados (humanos y materiales). Luego de cambiar la planificación de acuerdo a los datos obtenidos, se propondrá la implementación de un sistema de software que ayude en el monitoreo continuo de la labor de mantenimiento diario. Con este se recibirán reportes del porcentaje de cumplimiento, así como la indicación de por qué no se pudo llegar al objetivo deseado.

OBJETIVOS

General

Proponer la optimización del mantenimiento preventivo diario de la maquinaria agrícola del Ingenio Pantaleón.

Específicos

1. Organizar el mantenimiento preventivo diario de la maquinaria agrícola, coordinar al personal en cuanto a qué equipos deben ser cubiertos y los días que deben ser asistidos.
2. Crear bases de datos que indiquen el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento de forma semanal y mensual.
3. Tener un cumplimiento no menor al 95% de la planificación del mantenimiento preventivo diario de la maquinaria agrícola.
4. Alcanzar una disponibilidad del 95% en el equipo que abarca el proyecto.
5. Proponer un sistema que de forma digital permita identificar cuándo se ha realizado un mantenimiento específico y que permita crear bases de datos de cuánto se está cumpliendo con la planificación.

INTRODUCCIÓN

La operación correcta y el mantenimiento adecuado de la maquinaria agrícola es una preocupación común dentro de los ingenios azucareros, dado que es por medio de este tipo de máquinas que se realiza el procesamiento de las materias primas, en este caso caña de azúcar, para su posterior venta al mercado. Conforme pasa el tiempo se han desarrollado máquinas agrícolas más complejas y esto hace cada vez más necesario un buen control del mantenimiento que se le brinda a cada una.

Considerando lo anterior, el Ingenio Pantaleón, por medio del taller de maquinaria agrícola, busca optimizar el mantenimiento preventivo diario de las máquinas agrícolas. Para esto se prevé estudiar la forma en la que se hace dicha actividad en la actualidad, para luego proponer un plan de acción capaz de corregir o minimizar las fallas encontradas.

Para lograrlo se tomará como base los objetivos planteados, los cuales se presentan detalladamente más adelante. Entre estos están la evaluación y rediseño que sean necesarios de las rutas de mantenimiento preventivo diario de la maquinaria agrícola. También se evaluará el equipo, herramienta y capital humano con el que se dispone. Se busca integrarlos de tal forma que se logren los requisitos mínimos establecidos de cumplimiento de labores, y contar con el dato de cumplimiento de forma semanal o diaria.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la empresa

Pantaleón es una organización agroindustrial dedicada al procesamiento responsable de caña de azúcar para producir azúcar, mieles, alcoholes y energía eléctrica. Cuenta con un equipo de más de 29 000 colaboradores en cinco países distintos, por medio de lo cual se consigue alcanzar una producción anual de 1,1 millones de toneladas de azúcar y productos derivados. El Grupo Pantaleón es líder en la región de Centro América en cuanto a producción de azúcar y está dentro de los primeros diez más importantes de Latinoamérica. Los productos fabricados van a más de 40 destinos de exportación.

1.1.1. Ubicación

El Ingenio Pantaleón se encuentra ubicado en el Km. 86,5 de la carretera al Pacífico, en el municipio de Siquinalá, Escuintla.

1.1.2. Historia

Las operaciones del Ingenio Pantaleón iniciaron a mediados del siglo XIX en la Costa Sur de Guatemala. A lo largo de la trayectoria de 165 años, han sido reconocidos a nivel nacional e internacional por los altos estándares en la cadena de valor de sus productos. Pantaleón nace el 8 de agosto de 1849, con la visión emprendedora de Manuel María Herrera al comprar la finca Pantaleón y San Gregorio, las cuales se ubican entre los municipios de Siquinalá y Santa Lucía Cotzumalguapa en el departamento de Escuintla. En el lapso de los años setenta del siglo diecinueve, Manuel María Herrera convierte la hacienda de

setenta y nueve caballerías de tierra plana y veintiocho caballerías de tierra baldía en la finca Pantaleón, construyendo en parte del terreno el Ingenio Pantaleón. También en esta época se constituye Herrera & Compañía. En 1883, luego de la muerte de Manuel María Herrera, uno de sus hijos, Carlos Herrera Luna, se hace cargo de la empresa e inicia la expansión, convirtiéndolo en el mayor productor de azúcar de Guatemala. Comienza el uso de técnicas y maquinaria agrícola que observó en el extranjero. En 1893 se empieza la construcción de una estación ferroviaria que ayudaría a transportar azúcar al Puerto San José, lo cual contribuiría a la exportación.

En 1973, Julio Herrera es nombrado gerente general y la empresa cambia de nombre para transformarse en Pantaleón, S.A. En 1984, Pantaleón asume el control de la administración y operaciones del Ingenio Concepción, ubicado en el municipio de Escuintla. De esta forma agrandan sus operaciones azucareras. En la década de los noventa se empieza la cogeneración de energía eléctrica a base del bagazo de la caña y se crea Fundación Pantaleón, por parte de miembros de la familia, quienes buscan de esta manera promover el desarrollo social y económico de las comunidades aledañas. En el 2004, aprovechando los recursos de la caña, se construye una destilería en Ingenio Pantaleón, para producir etanol y otros productos relacionados con la melaza. Para el año 2012, como grupo, logran la producción de un millón de toneladas de azúcar.

1.1.3. Misión

La misión del Ingenio Pantaleón es promover el desarrollo del país mediante la transformación de los recursos responsablemente.

1.1.4. Visión

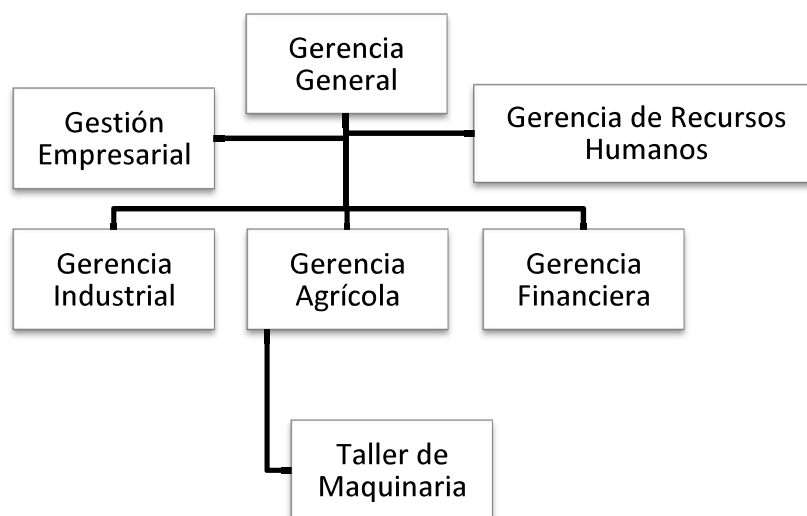
Para el año 2030, la visión del Ingenio Pantaleón es ser una de las 10 organizaciones más importantes del mundo en la industria azucarera y productos relacionados.

1.1.5. Valores

Desde sus inicios hasta la fecha, Ingenio Pantaleón ha fomentado una cultura basada en valores, principios éticos, confianza y respeto a la dignidad humana. Los valores que sobresalen son integridad y honestidad, mejora y cambio permanente con visión a largo plazo y respeto por las personas relacionadas y compromiso por su éxito.

1.1.6. Organigrama

Figura 1. Organigrama del Ingenio Pantaleón



Fuente: Recursos humanos. Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

1.2. Descripción del problema

A pesar de que el mantenimiento diario es de suma importancia para un funcionamiento óptimo de la maquinaria agrícola, esta labor no era programada ni monitoreada constantemente. Aunque se llevaba un registro escrito por cada tractor agrícola, este permanecía en campo, y en las oficinas centrales no había certeza de cuáles labores habían sido realizadas cada día. Cada mes se reemplazaba este registro y no había un archivo establecido para las hojas de meses pasados. Se busca optimizar este proceso, para establecer días específicos para el mantenimiento y que diariamente se cuente con porcentajes de cumplimiento.

1.3. Principios básicos de mantenimiento

1.3.1. Conceptos sobre mantenimiento

El mantenimiento es una combinación de acciones mediante las cuales la maquinaria se mantiene o vuelve al punto en el cual puede realizar las funciones que tiene designadas. Es un factor de importancia en la calidad del producto o servicio y es, en ocasiones, visto como una estrategia de competencia. El mantenimiento puede verse como un sistema que posee un conjunto de actividades que deben ser realizadas al mismo tiempo que las labores productivas. Esto se debe a que el mantenimiento también contribuye a la obtención de metas en las diferentes áreas en donde se le requiere, a través del incremento de la disponibilidad de la maquinaria.

1.3.1.1. Factores que indican la importancia del mantenimiento

Un buen servicio para la conservación del equipo busca llevar a un mínimo las suspensiones de trabajo producidas por fallos, al mismo tiempo que se logra optimizar el recurso humano responsable de dicho equipo, con lo cual se consiguen mejores resultados con el menor costo posible. En la industria azucarera actual se ha visto la necesidad de tener una organización apropiada del mantenimiento, en la cual se pueda programar y planear con acierto las labores correspondientes. Algunos de los motivos detrás de esta creciente supervisión del mantenimiento son los siguientes:

- Una creciente mecanización: el hecho de que la industria está cada vez más mecanizada ha sido de beneficio en un costo de mano de obra directa, pero al mismo tiempo exige en gran manera una conservación debida de los medios de producción y más aún del servicio que prestan.
- Aumento de inventarios de respuestos: la mecanización de la industria y la complejidad de los elementos que conforman las máquinas, exige una existencia amplia de respuestos y accesorios.
- Controles más estrictos de producción: si bien este tipo de controles ha reducido al máximo los inventarios de materiales entre las diferentes fases de operación, también ha provocado que sea mucho más grande el impacto de las interrupciones en la producción.
- Plazos de entrega cortos: ayudan a la disminución de inventarios de productos terminados, lo cual proporciona un mejor servicio al cliente. Esto, a su vez, ha aumentado el efecto negativo de una interrupción en la producción por fallos imprevistos.

- Exigencias de buena calidad: un producto terminado con buena calidad mejorará significativamente las ventas, pero al mismo tiempo hace relevante la importancia de corregir cualquier condición inapropiada de producción que se relacione, directa o indirectamente, con la calidad de la misma.

1.3.1.2. Índole del problema de mantenimiento

Todo equipo o herramienta físico de una planta de producción puede fallar o deteriorarse por causas naturales, de antigüedad o por mal uso. Está la posibilidad de que las causas del deterioro o fallas sean inherentes al equipo, o bien sean una consecuencia de factores externos, tales como el medio circundante y el personal involucrado en su uso.

Las fallas en el equipo de producción de una fábrica lleva a gastos con la finalidad de reparar dichos equipos, por pérdidas de producción, tiempo inactivo de los operadores, entre otros. Existe la posibilidad de tomar medidas orientadas a disminuir al mínimo la probabilidad de fallas y poder, de esta forma, mantener cierto nivel de mantenimiento para prevenirlas, lo cual generalmente es denominado mantenimiento preventivo. Pero hay que tener en cuenta que un mantenimiento para prevenir fallas implica gastos de por sí. Por lo tanto, se debe encontrar un punto de equilibrio en el cual el gasto de evitar daños y fallas en la maquinaria y equipo no sea mayor que el que se presentaría si hubiera alguna avería en las máquinas.

1.3.1.3. Eficiencia del mantenimiento

La eficiencia en el mantenimiento puede verse de distintas perspectivas. Desde el punto de vista de los operaciones, el mantenimiento es eficiente si

impide las averías; o, si se dan, que la maquinaria vuelva a su funcionamiento lo antes posible. Del punto de vista de control de mano de obra de los operadores, el mantenimiento ha logrado su objetivo si el personal trabaja en todo momento sobre un nivel normalizado de esfuerzo, sin un excedente de tiempo desocupado. En cuanto al control de costos, será eficiente si el departamento encargado del mismo no sobrepasa el presupuesto asignado, tanto de material como de mano de obra.

El problema es que ninguno de los criterios mencionados puede ser visto de manera independiente, puesto que atender exclusivamente uno de los puntos de vista podría causar ineficiencia en otro. Por ejemplo, para arreglar un fallo en una máquina en el menor tiempo posible, sería necesario contar con una gran cantidad de mano de obra y de repuestos para reparar el daño. El problema es que debería haber un equipo de mano de obra numeroso, el cual, en situaciones en las que no hay fallos, sería una pérdida por mano de obra que no está trabajando. Al igual que con las piezas de reparación, sería necesario tener un inventario amplio de una gran cantidad de repuestos para estar preparados ante cualquier desperfecto, pero bien podrían no usarse todos estos repuestos ya que serían solo de emergencia. Por este motivo, las decisiones tienden a ser un tanto arbitrarias.

1.3.1.4. Decisiones respecto al mantenimiento

Para llevar a cabo la tarea de mantenimiento de una manera óptima se debe tomar ciertas decisiones y analizar diferentes puntos de vista para obtener el mejor resultado posible para tener la maquinaria en buen estado. Dependiendo del proceso o producto que se relize en la fábrica podrán variar, pero de forma general se pueden mencionar las siguientes:

- Personal de servicio interno o externo. Esta decisión es mayormente de índole económica. Es necesario evaluar cuál de las dos opciones resultará en un menor costo, con una buena eficiencia de operaciones. Ciertos problemas que surgen en ambos casos se detallan a continuación, así como sus ventajas. Cuando la empresa cuenta con su propio personal para mantenimiento hay gente disponible para cubrir cualquier desperfecto en todo momento, con lo cual se reducen los tiempos improductivos de la maquinaria y los operadores. El problema es que cuando no se presentan fallas y las tareas diarias cotidianas han sido cubiertas, el personal se encuentra desocupado. También hay necesidad de contar con abundantes repuestos para el uso de la flotilla de mantenimiento. Cuando se usan servicios externos para cubrir el mantenimiento, se les solicita solo cuando hace falta y no es necesario tener en inventario una gran cantidad de piezas para reposición. El lado negativo es que el tiempo de improducción de la maquinaria y operadores que quedaron parados por el desperfecto se incrementará, dependiendo la disponibilidad de una flotilla de mantenimiento por parte de la empresa proveedora de este servicio, así como la distancia a la que se ubiquen de la fábrica, con lo cual se pierde dinero.
- Reparación o reposición. Aquí estamos frente a un problema económico nuevamente, ya que al momento de adquirir un equipo nuevo, el costo es el del equipo nuevo listo para trabajar. Esto puede incluir valor de transporte, instalación e incluso capacitación. También es necesario deshacerse del equipo anterior, lo cual genera un gasto. Si se decide por el equipo nuevo, se debe tener en cuenta el tiempo perdido en el lapso desde que se para el equipo para su reposición hasta que se cuenta con la nueva

maquinaria lista para operar. Por tanto, conviene analizar cuidadosamente el estado actual de la maquinaria para determinar si es posible una reparación para que quede trabajando al nivel necesario para cumplir con las cuotas de producción.

1.3.1.5. Atribuciones del mantenimiento

El servicio prestado por el equipo de mantenimiento tiene como fin conservar en el mejor estado posible de funcionamiento toda la maquinaria que tienen a su cargo, para obtener un máximo rendimiento, con una alta calidad de producción y a un costo mínimo. Nótese que se espera una alta calidad, pero no una máxima calidad, puesto que esto representaría un gasto extra innecesario. La calidad que se le exige a la maquinaria debe ir ligada a las características del producto o proceso que se obtiene a través de ellas. Ciertas atribuciones del mantenimiento entonces serán las siguientes:

- Reparar cualquier avería que se produzca en la maquinaria de la empresa en un tiempo mínimo.
- Chequear la calidad de fabricación de la maquinaria; de esta forma, se podrá evitar un deterioro prematuro.
- Tratar todas aquellas fallas continuas que se presenten en la maquinaria, con el fin de disminuir costos de mantenimiento.
- Prever toda posible avería con la suficiente anticipación para que esta no se llegue a dar, y ahorrar tanto dinero como tiempo de producción.
- Gestionar de manera óptima la existencia de repuestos y de materiales de mantenimiento para contar con la capacidad de cubrir cualquier emergencia en el menor tiempo posible.

1.3.1.6. Funciones secundarias del mantenimiento

El equipo a cargo del mantenimiento, en ciertas ocasiones, también es responsable de otras funciones, dependiendo de la fábrica y la índole del proceso que se lleve a cabo en la misma. De forma general se presentarán las siguientes funciones secundarias:

- Servicios generales: consisten en la vigilancia y mantenimiento en servicio de las instalaciones generales de la planta. Algunos ejemplos son las instalaciones de agua, vapor, aire comprimido, baja y alta tensión, por mencionar algunas.
- Transportes internos: son transportes que se hacen dentro de las instalaciones de la planta de producción o los terrenos de la fábrica, para asegurar que la provisión que llevan esté a tiempo, así como retirar de ciertas partes equipo o material que ya no sea necesario.
- Existencia de repuestos y materiales: se debe revisar y estudiar el inventario de repuestos de la maquinaria que tienen a cargo, determinar existencia, intercambiabilidad de piezas, controlar la existencia de lubricantes, gestionar el almacenamiento del mismo y de materiales específicos de máquinas e instalaciones.

1.3.2. Tipos de mantenimiento

En el departamento de mantenimiento de un taller de maquinaria se cuenta con un presupuesto, del cual se busca sacar el máximo provecho posible para que el ingenio tenga equipo con alta disponibilidad a precios competitivos. De este modo se busca llegar al punto de poder contar con un nivel mínimo de personal de mantenimiento y gastos de materiales de mantenimiento que sean suficientes para llegar al nivel en el cual se dara una

producción y disponibilidad consistentes. Para lograrlo se presentan las siguientes estrategias o tipos de mantenimientos que, si se aplican y combinan de forma correcta, pueden dar grandes resultados dentro del taller de servicios.

1.3.2.1. Mantenimiento correctivo

Este mantenimiento solo se realiza cuando la maquinaria en cuestión es incapaz de continuar operando de manera constante y segura para el personal de operación. Existen dos tipos de mantenimientos correctivos, los cuales son el no programado y el programado. Para el primero no se cuenta con elemento de planeación; se da al momento de una avería, a la cual se le debe encontrar solución en el momento con el personal y la herramienta disponible para seguir con la operación del equipo. Si bien no es lo ideal que ocurra este tipo de eventos, hay ciertas empresas que lo ven como una estrategia: operar una máquina hasta que falle y simplemente cambiar las partes involucradas por nuevas. Ahora bien, el mantenimiento correctivo planificado se da en los casos en los cuales, por observación del operario o bien de una rutina de inspección de un mantenimiento preventivo, se detecta una avería o pieza defectuosa que debe ser cambiada o reparada. Aquí se cuenta con la ventaja de que se evita el deterioro de piezas cercanas que se pudiera haber producido si se ponía en marcha la máquina sin haber solucionado este defecto. También tiene la ventaja de que puede hacerse con el equipo y personal necesarios para la reparación, sin la necesidad de soluciones poco eficaces resultantes de no tener previsto un error, al cual se le quiere dar una solución rápida.

1.3.2.2. Mantenimiento predictivo

También llamado basado en condiciones, se aplica mediante la evaluación del estado de la maquinaria y, según el análisis correspondiente del estado del

equipo, recomienda o no la intervención. Este tipo de mantenimiento se empezó a aplicar desde mediados de los ochenta. En la actualidad esta estrategia para la prolongación de la vida útil de la maquinaria se aplica en equipos críticos de plantas o talleres que optimizan al máximo el uso de sus activos. A diferencia del preventivo, este mantenimiento determina el momento exacto en el cual se debe hacer un servicio en la maquinaria. Es un conjunto de técnicas de medida y análisis de variables que utilizan diversos instrumentos para obtener el dato más preciso de cualquier fallo potencial en el equipo que se pueda prevenir. Aparte de la disponibilidad, también se busca una alta fiabilidad de la maquinaria, ya que mediante la corrección constante de posibles averías habrá menos fallos inesperados. Dentro de sus ventajas más mencionadas son que reduce la cantidad de intervenciones al año en el equipo, reduce el riesgo de deterioro prematuro por una menor intervención humana, reduce el gasto en repuestos y hay un aumento en la seguridad por la reducción de accidentes imprevistos debido a la constante monitorización.

1.3.2.3. Mantenimiento productivo total

Este tipo de mantenimiento industrial es un sistema japonés que se desarrolló basado en el concepto del mantenimiento preventivo. En este se trata de evitar todo tipo de pérdida durante toda la vida útil del sistema de producción mediante el involucramiento de todos los departamentos y de todo el personal, sin importar su rango, desde los operadores hasta la gerencia. En un taller ideal la maquinaria debe operar al cien por ciento de su capacidad el cien por ciento del tiempo. El mantenimiento productivo total es un concepto que se acerca al ideal en el cual no hay averías, defectos ni problemas de seguridad. Esta estrategia incrementa los conocimientos del personal operativo y de mantenimiento, de tal forma que cooperen entre sí para lograr los objetivos planteados. Una de las principales innovaciones radica en que cada operador

se hace cargo del servicio básico de su equipo, y desarrolla en ellos la capacidad de detectar potenciales fallas.

Este mantenimiento ayuda en la construcción de competitividad desde las operaciones dentro del taller de maquinaria, gracias a que mejora la eficiencia de los sistemas de producción, la capacidad de respuesta y la reducción de los costos de operación, lo cual ayuda a utilizar por completo la capacidad instalada. Algunos beneficios orientados a la productividad que se pueden mencionar son la mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos, la reducción de los costos de mantenimiento, un gasto menor en piezas de recambio, mejoramiento de la tecnología utilizada dentro de la empresa y un aumento en la capacidad de respuesta.

1.3.2.4. Mantenimiento preventivo

Es un mantenimiento planeado cuya función es conocer el estado de la maquinaria para planificar, en los puntos de menos impacto para la producción, las acciones que tratan de corregir los fallos. El mantenimiento preventivo fue creado con la finalidad de prever y anticiparse a las averías de la maquinaria mediante una serie de acciones que, en conjunto, permiten brindar un servicio óptimo al equipo. Las acciones de mayor importancia, que posiblemente son las más simples y básicas, son las revisiones y la lubricación periódica. Existen más operaciones que se pueden realizar; todo dependerá de la criticidad del equipo en cuestión, así como del presupuesto asignado con el cual se cuente.

Generalmente se habla de dos mantenimientos preventivos: el que está basado en el tiempo o en el uso, y el que se basa en las condiciones del equipo. Este último se lleva a cabo a partir de las condiciones conocidas del equipo. Este estado de la maquinaria se obtiene al observar constantemente los

parámetros claves del equipo, cuyos valores variarán de acuerdo a la condición de este. Por su definición y atributos, es tomado en ocasiones como un mantenimiento predictivo, por las similitudes en las acciones que llevan a cabo. Ahora bien, la categoría más propia de este tipo de mantenimiento es el basado en tiempo o en uso. Este se hace tomando como base el uso, las horas de funcionamiento o un calendario establecido, y se necesita de un alto nivel de planeación. En esta estrategia de conservación, las rutinas específicas que hace el personal ya han sido establecidas de la misma forma que la frecuencia con las que se realizarán. Para determinar dicha frecuencia se necesita conocer la distribución de las fallas y la confiabilidad del equipo con base en la experiencia de uso y estudios específicos para cada máquina.

1.4. Maquinaria agrícola utilizada para producción

Inicialmente se había proyectado abarcar distintos equipos como tractores, fertilizadores, rastras pulidoras, rastros arados, surqueadores, chapeadoras, aguilonas, entre otros, para incluirlos en la maquinaria que tendría registro de los servicios realizados. Sin embargo, por parte de los coordinadores y del jefe de taller se dispuso que el proyecto se empezaría solamente con los tractores agrícolas asignados a labores de producción. En un futuro se podría agregar la demás maquinaria, cuando el proyecto ya estuviera en marcha y hubiese datos concretos de sus resultados y su forma de operación. Esto significó que el proyecto estaría enfocado en la maquinaria seleccionada, en este caso, los tractores, y se pondría en marcha con un aproximado de cien equipos. Todos los equipos dentro del ingenio cuentan con un código, llamado elemento específico, por medio del cual se identifican y el cual les es asignado para que puedan reportar que han laborado. Un ejemplo de dicho código es el siguiente: 1001 0123, donde los primeros dos números (10) corresponden al país; en este caso, el 10 corresponde a Guatemala. Los siguientes dos números (01) se

utilizan para identificar la familia de maquinaria; el 01 se utiliza para identificar tractores agrícolas. Por último, los siguientes cuatro números (0123) son el correlativo correspondiente a cada equipo. Por medio de este se facilita la distribución de la maquinaria, pues el código que tienen es único. En la mayoría de los equipos, este código está plasmado físicamente junto con un código de barra, también único para el equipo, que se adhiere a la maquinaria o vehículo para despachar el combustible. En el caso de los tractores con los cuales se trabajó, estos tenían el código de barra pegado en algún punto dentro de la cabina del conductor. El código de identificación también está plasmado en la carrocería, lo cual fue de utilidad al momento de ubicar los tractores en sus labores en el campo.

Figura 2. **Ejemplo elemento específico**



Fuente: Predio de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

1.4.1. Lista del equipo, labor que realiza y características técnicas

A continuación se presenta una lista de los distintos tipos de tractores que abarcó el proyecto, los cuales están asignados a labores de producción agrícola. Se presentan ciertas características de estos: serie, descripción, marca, modelo y la labor a la cual generalmente se destina un tractor con esas características.

Tabla I. **Descripción de tractores agrícolas del proceso de producción**

Serie	Descripción	Marca	Modelo	Labor
J.D. 7420 4WD	Tractor agrícola 126 – 150 HP 4WD HC	John Deere	2005	Labores varias
J.D. 5615 4WD	Tractor agrícola 76 – 100 HP 4WD	John Deere	2010	Riegos y otras labores
J.D. 6425 DT	Tractor agrícola 101 – 125 HP 4WD	John Deere	2015	Malezas, riegos, herbicidas
6155J DT	Tractor agrícola 151 – 175 HP 4WD	John Deere	2015	Fertilización y movimientos
J.D. 7330	Tractor agrícola 151 – 175 HP 4WD HC	John Deere	2009	Fertilización
Puma 210	Tractor agrícola 201 – 225 HP 4WD	Case	2016	Fertilización y escarificado

Fuente: Predio de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

1.4.2. Equipo distribuido por región en la cual se ubican

Los tractores agrícolas se encuentran distribuidos en tres distintas regiones dentro de las fincas del ingenio, las cuales son: este, centro y oeste. A su vez, las regiones se dividen en zonas. Esto no los limita a trabajar únicamente en estas regiones, ya que de un momento a otro pueden cambiar de ubicación según se necesite de mano de obra y maquinaria extra en alguna

otra región o zona. A pesar de esto, la mayor parte del equipo se mantiene estable y realiza su labor particular en una sola zona. A continuación se muestran los tractores distribuidos de acuerdo a región y zona, según la cual hay un mecánico encargado de hacer el servicio del equipo.

Tabla II. Lista de tractores agrícolas Región Centro

Región	Zona	Código	Región	Zona	Código
Centro	Playa Grande	10010055	Centro	Limones	10010419
Centro	Playa Grande	10010095	Centro	Pantaleón	10010185
Centro	Playa Grande	10010463	Centro	Pantaleón	10010464
Centro	Playa Grande	10010467	Centro	Pantaleón	10010466
Centro	Playa Grande	10010393	Centro	Pantaleón	10010447
Centro	Playa Grande	10010394	Centro	Pantaleón	10010428
Centro	Playa Grande	10010431	Centro	Pantaleón	10010122
Centro	Bonampak	10010051	Centro	Pantaleón	10010124
Centro	Bonampak	10010129	Centro	Pantaleón	10010364
Centro	Bonampak	10010384	Centro	Pantaleón	10010365
Centro	Bonampak	10010385	Centro	Pantaleón	10010366
Centro	Bonampak	10010432	Centro	Pantaleón	10010367
Centro	Bonampak	10010130	Centro	Pantaleón	10010184
Centro	Florida	10010386	Centro	Pantaleón	10010420
Centro	Florida	10010387	Centro	Pantaleón	10010421
Centro	Florida	10010388	Centro	El Baúl	10010094
Centro	Florida	10010418	Centro	El Baúl	10010126
Centro	Florida	10010442	Centro	El Baúl	10010127
Centro	Limones	10010096	Centro	El Baúl	10010468
Centro	Limones	10010188	Centro	El Baúl	10010368
Centro	Limones	10010389	Centro	El Baúl	10010369
Centro	Limones	10010390	Centro	El Baúl	10010422
Centro	Limones	10010391	Centro	El Baúl	10010429
Centro	Limones	10010392	Centro	El Baúl	10010430

Fuente: Predio de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

Tabla III. Lista de tractores agrícolas Región Este

Región	Zona	Código	Región	Zona	Código
Este	Concepción	10010054	Este	California	10010400
Este	Concepción	10010099	Este	California	10010033
Este	Concepción	10010401	Este	California	10010131
Este	Concepción	10010402	Este	Paso Antonio	10010186
Este	Concepción	10010426	Este	Paso Antonio	10010383
Este	California	10010189	Este	Paso Antonio	10010398
Este	California	10010373	Este	Paso Antonio	10010399
Este	California	10010395	Este	Paso Antonio	10010433
Este	California	10010396	Este	Paso Antonio	10010434
Este	California	10010397			

Fuente: Predio de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

Tabla IV. Lista de tractores agrícolas Región Oeste

Región	Zona	Código	Región	Zona	Código
Oeste	Verapaz	10010097	Oeste	Puyumate	10010187
Oeste	Verapaz	10010123	Oeste	Puyumate	10010439
Oeste	Verapaz	10010461	Oeste	Puyumate	10010462
Oeste	Verapaz	10010372	Oeste	Puyumate	10010465
Oeste	Verapaz	10010423	Oeste	Puyumate	10010370
Oeste	Verapaz	10010424	Oeste	Puyumate	10010371
Oeste	Puyumate	10010427	Oeste	Puyumate	10010425
Oeste	Puyumate	10010125	Oeste	Puyumate	10010437

Fuente: Predio de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

1.5. Ahorro de energía: menor consumo de combustible de las unidades de mantenimiento

Como parte de la fase de investigación en la cual se trata el ahorro energético para beneficio de la empresa y el medio ambiente, se propuso

reducir el recorrido total que viajan las unidades de mantenimiento diariamente para brindar los servicios a los tractores que abarca el proyecto de optimización del mantenimiento. Para lograrlo, primero se debe contar con el dato de cuánto recorren los camiones de mantenimiento diariamente y cuál es la suma semanal de kilómetros recorridos para cumplir con el total de labores asignadas. De esta forma, se puede estimar cuánto, en teoría, se podría reducir la distancia que recorren los camiones. Por parte del ingenio se brindó el acceso a la información del recorrido diario de dos unidades de mantenimiento para hacer las comparaciones y el análisis.

La idea básica de esta propuesta fue que las unidades cubrieran todas sus labores en un punto específico, que en este caso, serían fincas principales del ingenio ubicadas en zonas estratégicas dentro de las regiones, para evitar que los mecánicos perdieran tiempo y recorrieran una gran distancia gastando combustible solo para ubicar un tractor en alguna finca. Dichas fincas cuentan con sus propios cascos donde hay oficinas del ingenio, seguridad y galeras en las que se guardan los tractores y otros equipos utilizados para las tareas agrícolas. Dependiendo de la región a la cual pertenezca el mecánico, hay un lugar en el cual debe estacionar su camión. Para la región centro, el punto es el taller de la finca central del Ingenio Pantaleón en Siquinalá, Escuintla. Para la región este, es el taller del Ingenio Concepción, que pertenece al mismo grupo y está ubicado en el municipio de Escuintla, Escuintla. La región oeste tiene asignada la finca con nombre Verapaz, ubicada cerca del municipio de Tiquisate, siempre en el departamento de Escuintla. De acá es de donde deben partir todos los días hacia los puntos de trabajo donde puedan ubicar tractores o alguna otra máquina agrícola, en ocasiones ubicados en otros lugares cercanos al casco principal de la región y otras veces en puntos más alejados. Según la información proporcionada, los tractores al finalizar el día son estacionados en los cascos ya mencionados y en otras fincas principales. Por lo tanto, temprano

en la mañana y por la tarde al final del día es el momento de ubicarlos para evitar ubicarlos cuando ya están trabajando, que es cuando más tiempo se usa y más distancia se recorre por los puntos en los que están laborando las máquinas y que no son puntos céntricos, en la mayoría de los casos. A continuación se presentan las distancias que hay de los lugares donde se estacionan los camiones a las fincas donde se ubican otros cascos principales, que es donde se encuentran gran parte de los tractores.

Tabla V. **Distancia entre cascos centrales y cascos secundarios**

Región	Origen	Destino	Distancia (km)
Centro	Ingenio Pantaleón	Finca Limones	30
Centro	Ingenio Pantaleón	Finca El Baúl	9
Este	Ingenio Concepción	Finca California	46
Este	Ingenio Concepción	Finca Albania	38
Oeste	Finca Verapaz	Finca Mojarras	17
Oeste	Finca Verapaz	Finca Puyumate	28

Fuente: Oficina de monitoreo de GPS. Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

A continuación se muestra las distancias que recorrieron semanalmente durante un mes (cuatro semanas) las unidades que se utilizaron para esta parte del estudio. Las unidades utilizadas fueron dos de las tres de la región este, la unidad que se dirige del Ingenio Concepción hacia la Finca California y la que sale del Ingenio Concepción hacia la Finca Albania. Se hizo la suma semanal y se comparó el dato semanal reportado con el aproximado que se lograría hacer si en caso entrara en vigor la propuesta. El total semanal propuesto se calculó tomando en cuenta las distancias a las que se encuentran las fincas secundarias del casco principal de la región, se multiplicó la distancias por dos, viaje ida y vuelta, y luego se multiplicó este valor por seis días laborales por semana. La penúltima columna muestra cuántos kilómetros menos por semana

recorrerían estas unidades de mantenimiento en específico. En la última columna se puede ver el dato del ahorro monetario mensual por unidad de mantenimiento, tomando el dato promedio de los galones por kilómetro que consumen estas unidades, así como el precio al que adquiere el diésel el ingenio (Q 14,06 por galón). Se puede observar una reducción de más de ciento cincuenta kilómetros semanales. Claro está que es un supuesto, ya que no se implementó y se toman en cuenta únicamente los servicios a la maquinaria involucrada en el proyecto. Este kilometraje puede aumentar si se presentaran mantenimientos correctivos urgentes que realizar.

Tabla VI. Diferencia entre recorridos reales y teóricos propuestos

Fechas	Total real (km)	Promedio real (km)	Total propuesto (km)	Diferencia (km)	Ahorro teórico (Q)
13/06/2016 – 19/06/2016	682	741	456	285	641.14
20/06/2016 – 25/06/2016	808				
27/06/2016 – 02/07/2016	756				
04/07/2016 – 09/07/2016	717				
25/07/2016 – 30/07/2016	764	727	552	175	393.68
01/08/2016 – 06/08/2016	660				
08/08/2016 – 13/08/2016	850				
22/08/2016 – 27/08/2016	632				

Fuente: elaboración propia.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Planificación del mantenimiento preventivo diario de la maquinaria agrícola

El mantenimiento diario de la maquinaria agrícola es una labor que se lleva a cabo por parte del taller de servicios, con tres mecánicos asignados a cada una de las tres regiones en las cuales se han distribuido las fincas del ingenio (este, centro y oeste). Según la norma dentro del ingenio, el mantenimiento diario (que es como se le conoce allí al mantenimiento preventivo rutinario) debe ser realizado a las 15 horas de funcionamiento del equipo, específicamente, los tractores agrícolas usados para producción. La forma común de organizar estos mantenimientos es a través de una notificación del operador del tractor cuando ya pasaron 15 horas activas del tractor, lo cual se puede ver en el tablero del mismo en el horómetro (indica la cantidad de horas de funcionamiento del motor).

Para iniciar la propuesta de optimización, se entregó a los mecánicos una planificación con los tractores a los que se les debería hacer el mantenimiento en un día específico. Para esto se usó como referencia la lista de tractores agrícolas de producción asignados a cada mecánico. La planificación original se hizo con una semana laboral de seis días, en los cuales se distribuyó el equipo de tal forma que se llegara a cada tractor dos días a la semana, y tres días para equipos con jornadas laborales más amplias. Este lapso de tres días entre las visitas para mantenimiento fue una decisión arbitraria por parte del coordinador de servicios, quien está a cargo del departamento que realiza los mantenimientos. Lo que se buscó fue tener un punto de partida, y ya que semanalmente se recolectaría las hojas con las distribuciones, en las cuales ellos indicarían si se llegó al equipo y el número de horómetro que tenía el

tractor al momento de hacer el mantenimiento, se podían hacer las correcciones necesarias.

Si bien el fin del proyecto desde el principio fue llevar un registro digital de este dato, se acordó hacer pruebas de planificaciones y distribuciones en registros de papel como regularmente se hace, ya que ni siquiera se contaba con esto. De esta forma se inició con una base sobre la cual trabajar las siguientes etapas del proyecto y empezar a familiarizar a los mecánicos con un método ordenado de hacer esta labor. Otro de los fines de empezar lo antes posible fue tener un acercamiento a la labor del mantenimiento diario, la cual estaba descuidada, sin nada concreto sobre si se cumplía o no con el mismo. Con este proceso se empezó a recibir información en las oficinas centrales en el ingenio sobre las labores completadas, así como las que no se hicieron y el motivo de dicho incumplimiento.

Figura 3. Primera hoja de control de los mantenimientos

SEMANA		DEL		AL		
MECÁNICO:			SOLDADOR:			
EQUIPO MECÁNICO/SOLDADOR 3						
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
E.E. TRACTOR	10010038 ✓	10010367 ✓	10010422 ✓	10010038 ✓	10010367 ✓	10010422 ✓
HORÓMETRO	Progundo x Area ✓ 3151 ✓	3151 ✓	2195 ✓	Progundo x Area ✓ 3187 ✓	3187 ✓	2209 ✓
E.E. TRACTOR	10010469 ✓	10010164 ✓	10010429 ✓	10010469 ✓	10010164 ✓	10010429 ✓
HORÓMETRO	Don Joel ✓ 326 ✓	Progundo x Area ✓ 326 ✓	297 ✓	Don Joel ✓ 326 ✓	Progundo x Area ✓ 326 ✓	326 ✓
E.E. TRACTOR	10010466 ✓	10010180 ✓	10010430 ✓	10010466 ✓	10010180 ✓	10010430 ✓
HORÓMETRO	977 ✓	7461 ✓	2531 ✓	1013 ✓	No estaba en el taller ✓ 2561 ✓	2561 ✓
E.E. TRACTOR	10010464 ✓	10010126 ✓	10010127 ✓	10010464 ✓	10010126 ✓	10010127 ✓
HORÓMETRO	1139 ✓	6747 ✓	7804 ✓	1168 ✓	6759 ✓	7840 ✓
E.E. TRACTOR	10010428 ✓	10010369 ✓	10010468 ✓	10010428 ✓	10010369 ✓	10010468 ✓
HORÓMETRO	1776 ✓	2161 ✓	1175 ✓	1786 ✓	2177 ✓	1193 ✓
E.E. TRACTOR	10010447 ✓	10010368 ✓	10010159 ✓	10010447 ✓	10010368 ✓	10010159 ✓
HORÓMETRO	1775 ✓	1967 ✓	10010159 ✓ 10010062 ✓	1810 ✓	1980 ✓	4412 ✓
E.E. TRACTOR	10010122 ✓	10010492 ✓	10010183 ✓	10010122 ✓	10010492 ✓	10010183 ✓
HORÓMETRO	tallev ✓	337 ✓	No hay paso en el taller ✓ tallev ✓	tallev ✓	tallev ✓	No hay paso en el taller ✓
E.E. TRACTOR	10010111 ✓	10010113 ✓	10010344 ✓	10010111 ✓	10010113 ✓	10010421 ✓
HORÓMETRO	No hay paso ✓	7148 ✓	2066 ✓	No hay paso ✓	7158 ✓	1130 ✓
E.E. TRACTOR	10010365 ✓	10010094 ✓		10010420 ✓	10010365 ✓	
HORÓMETRO	2138 ✓	812 ✓		1250 ✓	2160 ✓	

Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

2.2. Recopilación de información de pruebas en campo de la planificación

Con esta primera planificación se empezó a llevar el registro de los mantenimientos que se hacían diariamente según lo especificado en estos formatos. De esta primera prueba en campo se esperaban obtener los datos que nos indicaran cómo hacer más eficiente esta distribución, partiendo del hecho de que se debía cumplir con la norma de las 15 horas. De esta prueba en campo también se esperaba la corrección de las listas con los tractores que diariamente tenían que recibir su mantenimiento, ya que si bien hay una lista de tractores asignados a las distintas regiones, según la necesidad que se tenga y por solicitud del área agrícola, estos pueden cambiar y pasar a la jurisdicción de otra región, lo cual no está en poder del taller decidir, por lo que en ocasiones podría causar inconvenientes. Así que si hay un cambio en lo anterior, significa que otros mecánicos son responsables de dicho equipo.

Durante las primeras semanas en las cuales se utilizó esta nueva metodología, se buscó que los supervisores y sus mecánicos se acoplaran a una nueva forma de realizar sus labores. Estas las llevaban a cabo de la forma más práctica posible para ellos, pero no llegaba información a las oficinas centrales sobre si se cumplía o no con el mantenimiento a los tractores. Para esta primera prueba, que todavía utilizó papel y lápiz para el control, se determinó que la información obtenida llegaría con una semana de retraso, ya que el formato abarcó una semana de trabajo. Ellos debían seguir usando las rutas de mantenimiento de cada tractor, puesto que en la planificación que se les proveyó únicamente indicaron el número de horómetro del tractor para comprobar que llegaron al equipo. De esta forma, los primeros días de cada semana se hizo la recolección de este documento (ver figura 2, página 24) y se procedió a ingresar los datos recopilados en una base de datos, donde se

indicó los cumplimientos. A continuación se muestran los datos de cumplimientos recolectados de esta primera etapa, que duró cuatro semanas.

Tabla VII. **Porcentajes de cumplimiento primer mes (control manual)**

Semana	Región Centro (%)	Región Este (%)	Región Oeste (%)	General (%)
1	73.8	63.5	75.9	71.1
2	77.5	67.7	65.9	70.4
3	80.6	61.9	80.0	74.2
4	82.3	69.3	84.2	78.6
Promedio del mes	78.6	65.6	76.5	73.6

Fuente: elaboración propia.

2.3. Modificación de planificación original

Después de las primeras semanas de haber implementado el control de mantenimientos diario, se obtuvo información sobre los cambios que se necesitaban. El primero fue la redistribución de algunos de los tractores agrícolas, ya que aunque estaban asignados a una región, se encontraban en otra. También había tractores a los que las unidades de mantenimiento asistían pero que no se encontraban en la lista original que dio la administración del predio de maquinaria. También se tomó en cuenta que en ciertas zonas dentro de las regiones los tractores trabajan turnos más amplios, por lo que se tuvo que acortar el tiempo programado para que llegara el mecánico. En ocasiones se debía cambiar algunos tractores que, por razones ajenas al taller, fueron intercambiados entre regiones. Otro de los casos en los cuales fue necesario hacer un cambio en la distribución fue cuando un tractor pasaba a un proceso distinto del cual abarcaba el proyecto y, por lo tanto, los encargados de sus servicios eran otros. De este modo, con la planificación que se les presentó y

los diversos cambios que semana a semana se presentaban y realizaban, se trabajó por aproximadamente tres meses. Se empezó en abril y la zafra terminó en mayo, y el equipo con el cual se trabajó solamente estuvo en operación un mes después de concluida la zafra.

2.4. Creación de bases de datos del cumplimiento de la planificación

Tener los mantenimientos al día en cada equipo es vital para un funcionamiento óptimo. También para el área administrativa es de suma importancia saber el porcentaje de cumplimiento del mantenimiento diario, para llevar un mejor control del mismo y hacer mejoras en cuanto a la planificación. El primer paso acá fue llevar el registro semanal de cuáles mantenimientos se hacían. Al inicio de todas las semanas, los supervisores de los mecánicos recolectaron los formatos con la distribución de la semana anterior y distribuyeron una nueva para llevar el registro de la nueva semana. Estas hojas fueron archivadas en orden cronológico en las oficinas administrativas. Se crearon tablas de Excel con base en los datos que se recolectaban por medio de la planificación. Así se crearon gráficas semanales y mensuales de cumplimiento de cada equipo y de cada región. Del horómetro se tenían dos datos semanales, pues según la distribución de los equipos, inicialmente los tractores recibirían su mantenimiento dos veces a la semana. En el caso de los que se determinó que era necesario una tercera intervención semanal, eran tres los datos. Se controló que los tractores fueran visitados lo más cercano posible a las 15 horas que está estipulado, y se hacía la diferencia entre el horómetro de un día específico y el del último día en el cual se le había programado la realización de su servicio. Se registró el promedio de cumplimiento y el de horómetro con el cual se llegaba a cada tractor. Esto se presentó cada cierto tiempo al coordinador del taller de servicios y a los supervisores para que dieran

su visto bueno del proceso y recomendaran cambios en el caso que lo creyeran necesario. A continuación se muestra los datos recolectados de los cumplimientos durante los tres meses que estuvo en funcionamiento la fase manual de recolección de información.

Tabla VIII. **Porcentajes de cumplimiento tres meses (control manual)**

Semana	Región Centro (%)	Región Este (%)	Región Oeste (%)	General (%)
1	73.8	63.5	75.9	71.1
2	77.5	67.7	65.9	70.4
3	80.6	61.9	80.0	74.2
4	82.3	69.3	84.2	78.6
5	80.9	69.9	83.8	78.2
6	80.3	66.6	77.5	74.8
7	53.6	63.5	54.2	57.1
8	55.7	64.1	65.8	61.9
9	56.4	43.6	55.0	51.7
10	58.2	53.5	61.7	57.8
11	70.2	47.6	37.9	51.9
12	64.4	52.5	41.3	52.7
Promedio total	69.5	60.3	65.3	65.0

Fuente: elaboración propia.

2.5. Cotización sistemas de software

Desde el principio, el proyecto fue concebido de tal forma que el control de los mantenimientos diarios de los tractores fuera digital a través de un software, para que la información se recibiera más rápido, en los casos en los que en efecto se lograba obtener algún tipo de información. Se realizaron tres tipos de cotizaciones de distintos tipos de sistemas mediante los cuales es posible llevar este tipo de control en los tractores. Posteriormente fueron presentadas a la

jefatura del taller y al coordinador del taller de servicios. Según indicación del jefe del taller y de la coordinación del taller de servicios, se cotizó tanto con proveedores ya existentes del ingenio como con proveedores nuevos para comparar los servicios y precios que ofrecían. Dos de las cotizaciones fueron de proveedores con los cuales el ingenio ya había trabajado anteriormente y una fue con un nuevo proveedor.

La idea original del jefe de taller estaba relacionada con una aplicación móvil por medio de la cual se pudiera llevar este tipo de control, así que una de las cotizaciones fue enfocada en la creación de una plataforma para teléfono celular y esta se cotizó con el proveedor nuevo. Las otras dos cotizaciones fueron con proveedores distintos, los cuales ya habían trabajado con anterioridad en conjunto con el ingenio. Fueron sistemas diferentes para cada uno de ellos, según el giro del negocio al cual se dedica cada empresa y que fuera funcional al proyecto.

Puesto que los sistemas que cada proveedor ofreció fueron diferentes no se pudo hacer una solicitud igual para todos, pero sí debían brindar la dinámica básica para que cumpliera con lo necesario para optimizar el control y seguimiento del mantenimiento. El principal objetivo que debía cumplir el sistema era que se pudiera constatar que las unidades de mantenimiento en realidad se presentaran al lugar donde se encontraba el tractor, ya que este era uno de los temas que generaban mayores dudas para quienes supervisaban estas labores. Con esta especificación planteada, tenía que haber algún tipo de llave o código de verificación al cual únicamente se pudiera tener acceso en el lugar donde estuviera el tractor.

La siguiente solicitud fue que se pudiera ingresar al sistema la ruta de mantenimiento de los tractores (la lista con las tareas que se deben realizar

como parte del mantenimiento preventivo diario del tractor), de forma que el mecánico pudiera visualizar esta lista de tareas en un dispositivo móvil y poder ir marcando cada acción realizada, de forma que ya no fuera necesaria una hoja de papel con este formato en cada tractor. También permitiría visualizar día a día la lista con los tractores que tuvieran mantenimiento planificado para ese día en específico. Otro aspecto que debía ser considerado es el ingreso de datos, ya que era necesario tener la opción de ingresar información como horómetros de los tractores y comentarios u observaciones acerca de los mismos. Por último, el sistema debía guardar la información ingresada por los mecánicos y enviarla a una base de datos para consultarla desde las oficinas centrales.

Las tres empresas de las cuales se solicitó una cotización fueron las siguientes: Sistemas Automatizados de Control, S.A., BARCODE y Xoratom, S.A. La primera empresa propuso para la verificación de que la unidad estuviera en el punto, el uso de llaves magnéticas en cada tractor y una unidad con lector y GPS en los camiones de mantenimiento. Así tendría acceso en una computadora a la ubicación de las unidades de mantenimiento y verificar que llegaron al lugar de ubicación del tractor mediante la lectura de la llave magnética de cada tractor. La desventaja con esta propuesta fue que no era posible ninguna visualización de datos ni ingresar datos; solo permitía cerciorarse de que la unidad de mantenimiento se había presentado en la ubicación del tractor. Para contar con más información era necesaria la instalación de GPS a todos los tractores, lo cual elevaba demasiado el costo del proyecto. La siguiente empresa, BARCODE, ofreció el uso de aparatos *HandHeld*, un tipo de computadora portátil con lector de código de barra. De esta forma sería posible verificar que el mecánico llegó al punto al leer el código de barra que tienen todos los tractores y que usualmente se usan para despacho de combustible. Con este método, ya que el dispositivo que se utiliza

tiene una pantalla, sería posible la visualización y el ingreso de datos. La desventaja con este método fue la seguridad, ya que un código de barra se puede falsificar con relativa facilidad. Aparte se debía programar la información de la *HandHeld*, lo cual representaría un costo adicional por parte de la empresa proveedora del servicio. La última opción fue con la empresa nueva, Xoratom, la cual se dedica al desarrollo de páginas de internet y de aplicaciones móviles. Por el tipo de sistema que ellos ofrecían hubo un poco más de flexibilidad en cuanto a obtener lo que se solicitaba. Por medio de una aplicación móvil se haría el ingreso y visualización de información. Una página de internet creada especialmente para recibir la información sería el método a utilizar para la visualización de información por parte del área administrativa. Para validar que la unidad de mantenimiento se hubiera presentado al lugar, se haría uso de la tecnología NFC, con la cual, mediante un lector en los teléfonos celulares, se haría lectura de un chip NFC que estaría pegado en cada tractor, lo que daría acceso a la lista de tareas una vez verificado que el mecánico estuviera en el punto del tractor. Las cotizaciones enviadas por cada proveedor se adjuntan al final del documento.

2.6. Planteamiento de la integración del sistema de software con planificación

Dado que desde el principio fue necesario indicar a los proveedores la dinámica básica del sistema que se requería, ya existía una idea base del funcionamiento que tendría el método. Pero al momento de autorizar cualquiera de las cotizaciones, ya con el sistema que se usaría definido, se entraría en detalles sobre todo lo que era necesario. El proveedor elegido por la jefatura del taller y los coordinadores fue el de la aplicación móvil Xoratom, S.A. Dicha elección se debió a varios factores: entre ellos, se puede mencionar que fue el precio más bajo de los tres, así como el que más funciones proveía. También el

método de verificación de ubicación en el punto de trabajo mediante la tecnología NFC fue el más eficiente por el costo al que se lograría implementar.

Una vez se definió con qué proveedor se trabajaría se organizó una serie de reuniones para definir, paso a paso, el procedimiento que debía seguirse dentro del sistema y la forma como las oficinas administrativas recibirían la información. El hecho de que fuera una aplicación creada desde cero fue positivo, puesto que permitió que se construyera parte por parte, adecuando todo a las necesidades del proyecto, siempre y cuando estuviera dentro de los límites del presupuesto estipulado. El equipo físico necesario para el proyecto fueron nueve teléfonos celulares y ciento cincuenta chips NFC.

Figura 4. **Equipo adquirido para el proyecto**

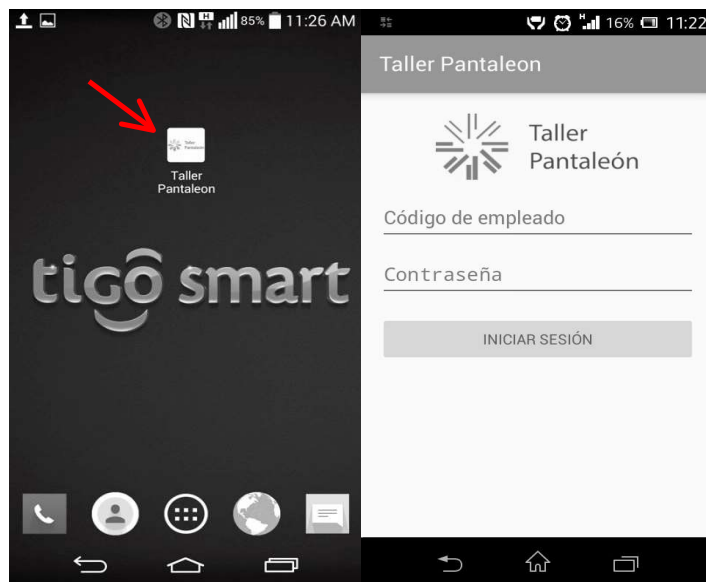


Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

La secuencia que se seguiría dentro de la aplicación debía ser simple para los usuarios. Era importante que los dispositivos móviles tuvieran una pantalla amplia y brillante, para que la visibilidad en el campo no fuera un problema. Dentro de la aplicación, los caracteres debían ser grandes y el texto legible y redactado de forma que no causara confusión en su uso.

El diseño y flujo de la aplicación se describen a continuación, se muestra y explica cada uno de los pasos que deben seguir los mecánicos al usar el teléfono para reportar y enviar los datos de mantenimientos realizados. El acceso directo de la aplicación se agregó en la pantalla principal del teléfono para ubicarlo fácilmente desde el principio. Es el único ícono en la pantalla principal del celular. La aplicación tiene una pantalla inicial donde los mecánicos ingresan con un usuario específico, pues para cada usuario hay información única para él y no se repite entre los mecánicos.

Figura 5. **Pantalla principal del teléfono y de la aplicación**



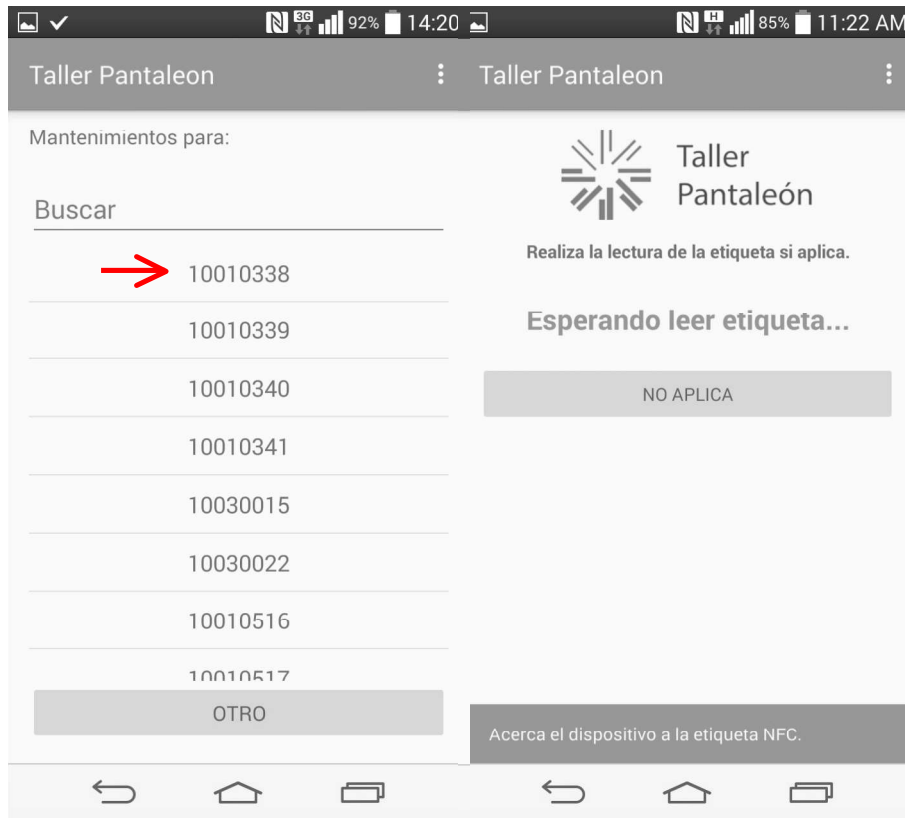
Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

Una vez ingresado el usuario y contraseña, la próxima página en desplegarse es la lista de tractores a los cuales se les debe hacer el mantenimiento preventivo diario en ese día específico (de esta pantalla se presenta un ejemplo más adelante, donde se explica el procedimiento de uso). Esta lista fue tomada de la planificación de mantenimientos diarios programados que se utilizaba y completaba de manera manual. Dicha lista se actualiza de manera automática cada día. De esta pantalla con la lista se procede al ingreso de los datos que se recolectan diariamente para el control del cumplimiento.

Los datos que se recolectan son el número de identificación del equipo que se trabajó, en nuestro caso, tractores. También se informa el día de la semana en el cual se hizo, así como la fecha completa y la hora exacta. Estos últimos datos se guardan automáticamente en el reporte sin necesidad de ser ingresado por el mecánico. El otro dato que importa obtener y el cual los mecánicos ingresan es el horómetro del tractor. En caso de que el mantenimiento sea realizado de forma correcta y se lea el chip NFC sin ningún problema, el estatus de la operación será exitoso; en caso contrario, se mostrará el detalle de porqué no pudo hacerse la labor. De esto último, el usuario tiene la oportunidad de elegir entre varias opciones para indicar cuál fue su caso.

El primer paso para ingresar un mantenimiento exitosamente dentro del sistema es seleccionar el tractor al cual se le hará el servicio. Luego la aplicación solicita leer el chip NFC, el cual se encuentra adherido al tractor en un área específica dentro de la cabina del conductor. El método de lectura de este chip es por contacto del teléfono con el chip; por lo tanto, el mecánico debe acercar la parte trasera del teléfono (donde está la tapa de la batería) al chip ubicado en la cabina, hasta que se indique que se ha leído.

Figura 6. Pantalla con lista de tractores y lector de chip NFC

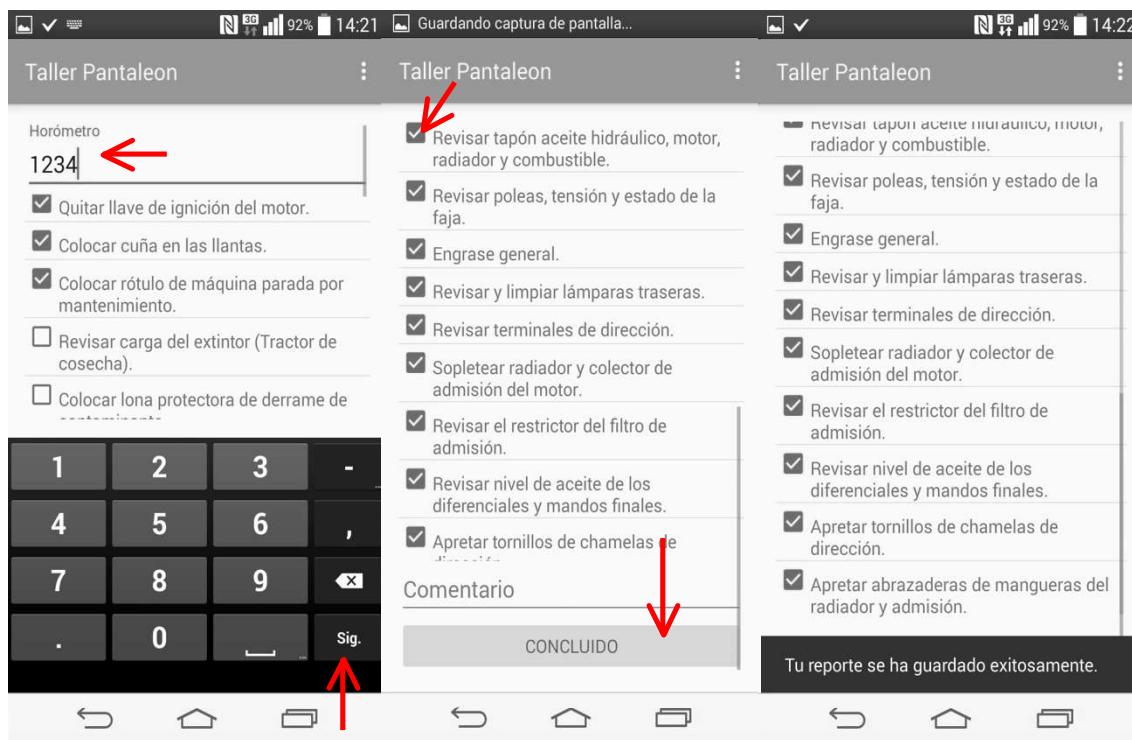


Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

Una vez realizada una lectura exitosa se despliega la siguiente pantalla, donde se presenta la lista de labores que se realizarán en el servicio de mantenimiento. Anteriormente se entregaba en una hoja; esta es la ruta de mantenimiento que se ha mencionado con anterioridad. En la parte superior de esta nueva pantalla hay un campo para que ingresen el valor del horómetro actual del tractor. Cada uno de los pasos del servicio tienen una opción en forma de cuadro al lado derecho y, al pulsarlo, aparece una figura de cheque que indica que dicha tarea ha sido hecha. En la parte inferior aparece un campo con la opción de ingresar un comentario, con el cual el mecánico puede escribir

alguna observación específica relacionada con el equipo al cual le está haciendo mantenimiento. Luego está el botón de concluido, que se presiona una vez se ha terminado de hacer todos los ítems de la lista y con el cual se guarda la información en el almacenamiento interno del teléfono. La opción de concluido se habilita únicamente si se chequeó cada uno de los ítems de la lista y si se ha ingresado el valor de horómetro.

Figura 7. **Secuencia de pasos para guardar un mantenimiento**



Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

Inmediatamente después de terminar el proceso de ingreso de datos mediante el botón de concluido, la aplicación regresa automáticamente a la pantalla donde se listan los tractores que deben ser vistos en el día. Ahora aparece un cheque a la par del tractor que ya ha sido revisado, indicando que el

proceso fue realizado exitosamente. El proceso se repite con todos los tractores.

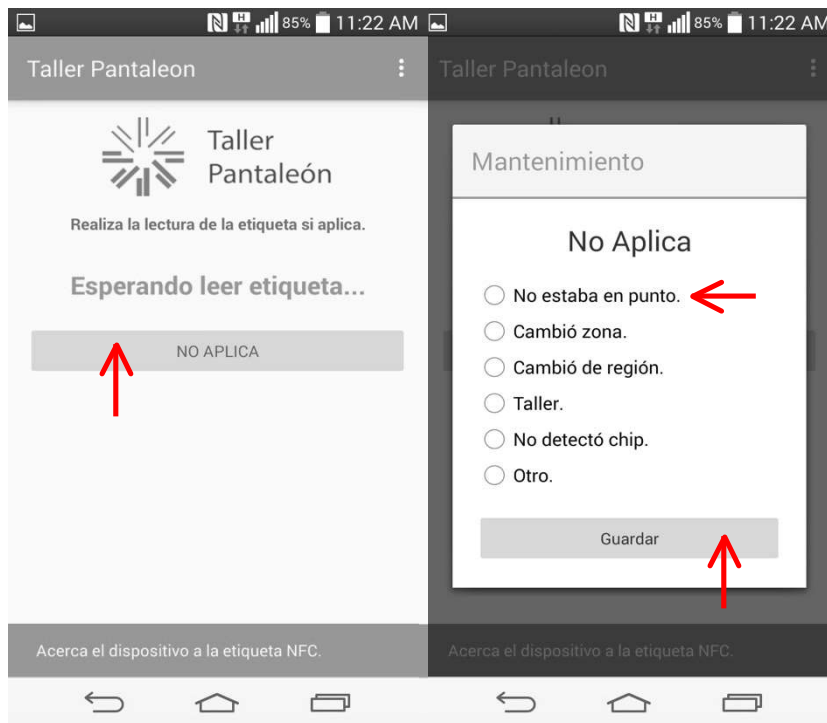
Figura 8. **Indicador de mantenimiento guardado exitosamente**



Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

En el caso de que el mantenimiento no pueda ser realizado, el mecánico tiene la opción de ingresar un motivo en la pantalla en la cual se solicita que se acerque el dispositivo al chip NFC. Debe presionar la opción de 'No Aplica' en la cual les aparecen varias opciones, entre las cuales hay un campo en blanco para escribir el motivo del incumplimiento en caso de que ninguna de la anteriores sea la razón por la cual no se cumplirá.

Figura 9. **Pantalla opción No Aplica**

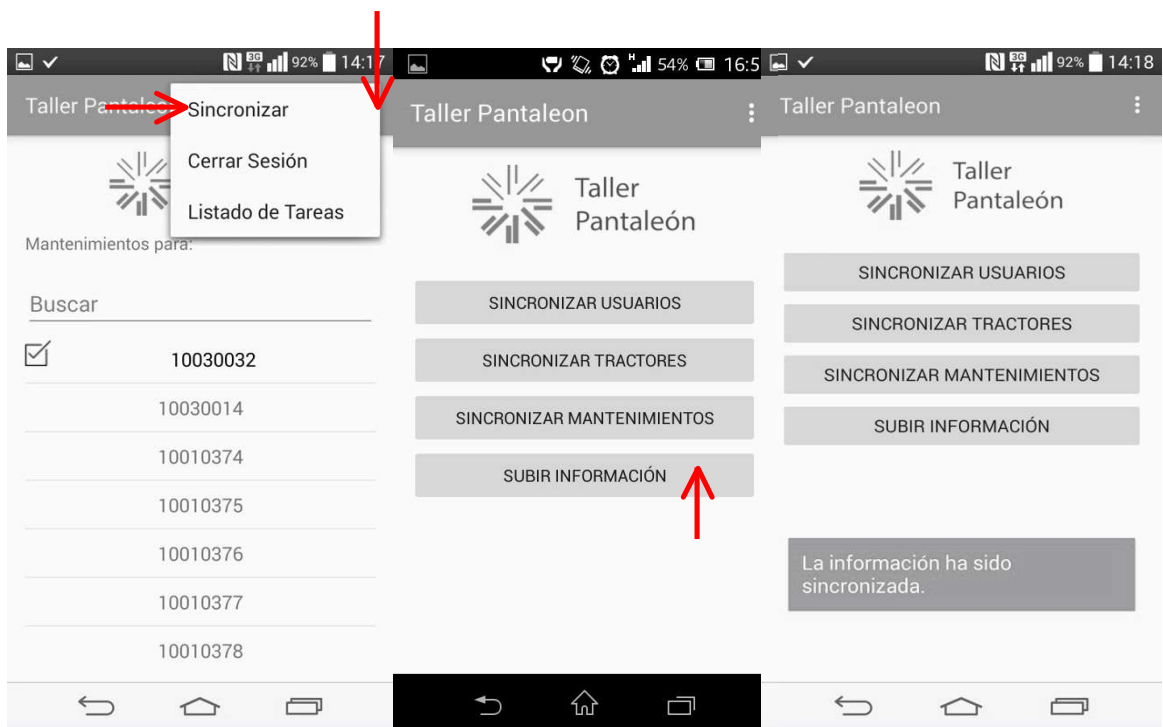


Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

La aplicación móvil se desarrolló de tal forma que funcione sin necesidad de una conexión a internet; de esta forma, toda la información que usa para funcionar ya está guardada en el dispositivo y cada vez que se hace el ingreso de datos exitosamente se guarda en el celular. La información ingresada en el teléfono, si hay señal de internet en ese instante, se enviará automáticamente de forma inmediata; de lo contrario, se queda almacenada en el dispositivo, como se mencionó. Lastimosamente siempre se está sujeto a la cobertura de la señal de internet, por lo que podría haber momentos en los que no se recibirá la información en el momento exacto del ingreso de los datos. Por esta razón se programó para que a determinadas horas del día (a las seis, doce y dieciocho horas) sincronice la información que hay en el teléfono. En el caso en el que no

hay señal de internet al momento de realizar el ingreso de datos, se tiene la opción de envío manual de los datos, lo cual se hace seleccionando el menú (los tres puntos de la esquina superior derecha), luego se presiona sincronizar y por último se selecciona subir información. Esta secuencia se muestra a continuación.

Figura 10. **Secuencia de envío de información manualmente**

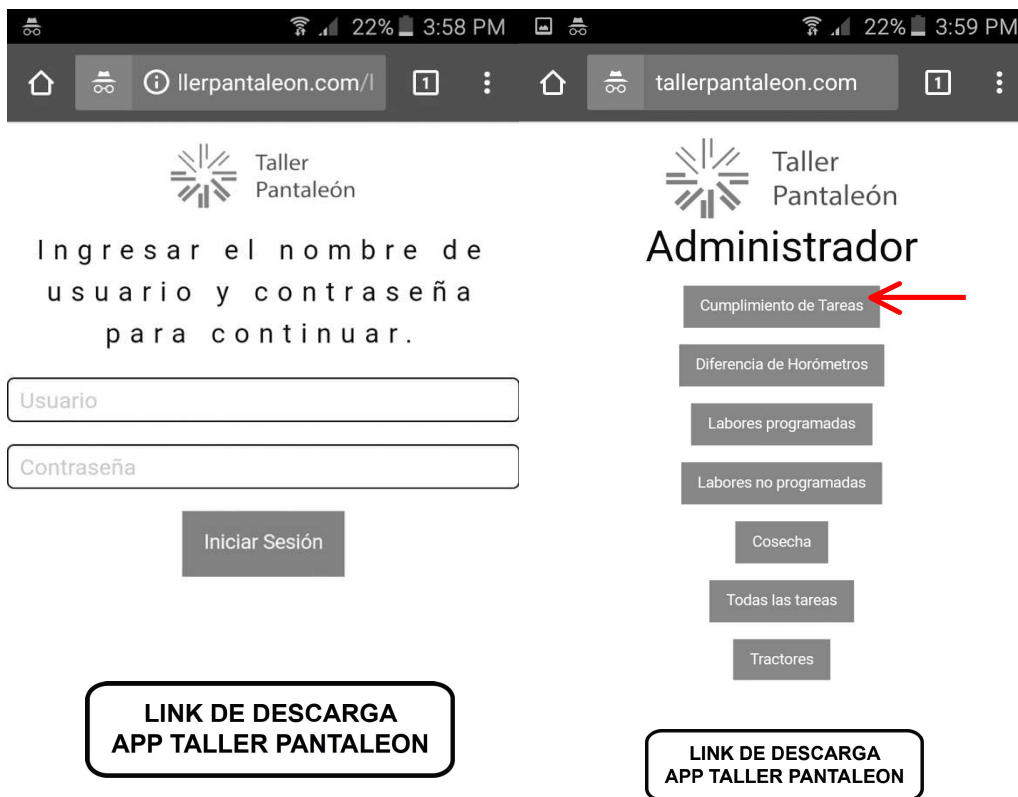


Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

La recepción de datos se hace a través de una página web creada especialmente, donde se muestra de forma detallada toda la información ingresada por los mecánicos. Dentro de la página hay distintas secciones, dependiendo cuáles son los datos que se desean observar en el momento. También hay filtros dentro de cada sección, para seleccionar solo determinada fecha o rango de fechas. Otras funciones posibles son filtrar por región o por

mecánico. Una vez aplicado el filtro deseado es posible descargar el reporte en un archivo de Excel para enviar la información con los datos relevantes de cumplimiento a quienes interese. Para observar cuántas tareas se han completado en el día o bien el porcentaje total del día anterior, se selecciona la opción de cumplimiento de tareas. Para observar con detalle cada uno de los mantenimientos realizados se selecciona la opción de labores programadas, o bien labores no programadas si se quiere ver qué mantenimientos que no se habían programado para el día se hicieron.

Figura 11. **Pantalla principal Página de reportes**



Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

Figura 12. Pantalla cumplimiento de tareas – Página de reportes



Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

2.7. Implementación del sistema en el control del mantenimiento

Para que el sistema entrara en funcionamiento fue necesario contar con dispositivos para cada uno de los mecánicos encargados de los equipos que se tomaron en cuenta para esta etapa del proyecto. En total son nueve unidades de mantenimiento, conformadas por mecánico y soldador, pero solo se proveyó de un teléfono celular para ambos. Los aparatos tienen una línea telefónica con acceso a internet mediante el cual se hace el envío de datos de la aplicación utilizada en sus teléfonos a la página del administrador. Tanto los teléfonos como las líneas fueron cotizadas por parte del proveedor junto con el desarrollo de la aplicación y la página de internet. Los servicios de líneas telefónicas post pago y el uso del dominio y servidor de la página web y la aplicación fueron adquiridos por un tiempo de un año y medio. Al momento de la entrega de los

aparatos por parte del proveedor al ingenio, estos venían configurados por parte de ellos con la aplicación lista para utilizar. En este punto solo fue necesario coordinar un día para capacitar a los mecánicos sobre el uso de la aplicación y la instalación de los chips NFC en la maquinaria.

Al momento de la instalación del chip NFC en los tractores que abarcaría el proyecto, se siguieron las instrucciones del jefe de taller, quien pidió que este fuera puesto debajo del código de barra utilizado para el combustible. Para esto se contó con el apoyo de la persona encargada de los códigos de barra utilizados en los vehículos, puesto que se removió el que ya estaba puesto en cada uno y se colocó un nuevo cubriendo el chip NFC. De esta forma se procedió a ubicar los tractores y hacer la respectiva instalación. Se contó con la ventaja de que este proceso se empezó en la época de reparación (periodo de no zafra), por lo que la mayoría de tractores se localizaron en el taller de la finca principal del ingenio. Para los restante fue necesario transportarse a otras fincas del ingenio para poder realizar la instalación. En esta etapa por parte del predio de maquinaria se proveyó de vehículo y un piloto con conocimiento de la ubicación de las fincas.

Figura 13. **Instalación de chip NFC**



Fuente: Predio de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

Durante los primeros días se presentaron inconvenientes en cuanto a problemas con el uso de los equipos móviles, como es normal cuando se introduce tecnología a una labor que con anterioridad se hacía con papel y lápiz. La mayoría de los problemas fueron por no usar correctamente el aparato, lo cual se solucionó rápidamente con una pequeña explicación del proceso nuevamente, puesto que en buena parte de los casos la dificultad era no recordar cuál era el procedimiento usado para el ingreso de datos. Este tipo de cuestiones fueron menos comunes con el pasar del tiempo, pues los mecánicos tomaron práctica en el uso del dispositivo y a la aplicación. En otras ocasiones el inconveniente se presentó al desactivarse ciertas funciones en el teléfono, como el acceso a internet o el sensor NFC, lo cual se resolvió fácilmente al activarlos de nuevo y enseñando a los mecánicos cuál fue el problema y cómo evitarlo en el futuro. Aparte de lo mencionado, no se reportaron otras fallas, ya que la aplicación y el uso de la misma fueron diseñados para que fueran sencillos y fáciles de entender para cualquier persona que tuviera acceso a esta herramienta.

2.8. Recopilación de información de pruebas en campo del sistema de control del mantenimiento

Se contó con un periodo de prueba de aproximadamente un mes, cuando se puso a funcionar el sistema en conjunto. Esto incluyó los teléfonos con la aplicación que enviaba la información de los mantenimientos y la página de reportes que la recibía. En esta etapa, más que ver porcentajes altos de cumplimiento, se buscó que todos los mecánicos practicaran el uso del teléfono y de la aplicación, de manera que no fuera un impedimento para sus labores. En este periodo hubo todo tipo de dudas en cuanto a la nueva herramienta y se solucionaron a la mayor brevedad posible, ya sea con nuevas capacitaciones o individualmente, incluso yendo a campo para ver en persona cuál era el origen

del problema. La aplicación móvil se diseñó de forma que si hubiera una conexión a internet disponible al finalizar el ingreso de datos de un mantenimiento, enviara la información automáticamente; de lo contrario, simplemente la guardaría en el dispositivo. Si al momento de hacer un nuevo mantenimiento hubiera señal disponible al enviar los datos, se enviarían tanto ese dato como todos los que hubieran sido guardados en la memoria interna del aparato. La aplicación se programó para que sincronizara automáticamente en tres horarios distintos; a las seis de la mañana, a las doce del medio día y a las seis de la tarde. Originalmente se planteó que la aplicación estaría constantemente verificando para encontrar tanto información nueva que mandar como señal para enviarla, pero se determinó con el proveedor que esto sería muy ineficiente puesto que la batería no duraría mucho por esta constante actividad. También habría un alto consumo de los datos móviles por la repetida sincronización de la aplicación del teléfono con el servidor que recibe los datos.

Los primeros días, como era de esperar, se dieron ciertos inconvenientes en la recepción de datos. El principal fue que los chips NFC no se habían terminado de instalar por completo en todos los tractores que estaban incluidos en el proyecto; por esto, varios mecánicos no eran capaces de ingresar de estos tractores, ya que solamente a través de la lectura de chip era posible enviar información válida. En las primeras semanas, los datos que se recibieron fueron pocos; también se debe mencionar que la poca experiencia de los usuarios con estos dispositivos y este tipo de sistemas influyó en que a veces no se enviaran los datos en su totalidad, puesto que se dieron ciertos inconvenientes con el uso del dispositivo y la aplicación, los cuales se explicaron con detalle en el inciso anterior. Pero luego de esta etapa, aproximadamente dos meses después de iniciadas las pruebas, se normalizó la recepción de información de los mantenimientos que eran enviados a través de los usuarios de la aplicación. Ya que la página de reportes cuenta con la opción

de generar un archivo de Excel de los datos seleccionados mediante los diferentes filtros, se unieron los datos en un solo archivo, en el cual se añadía la información nueva de cada día. Por el rango de horario de los mecánicos, que en ocasiones realizaban mantenimientos hasta altas horas de la tarde y noche y para dar tiempo de que toda la información fuera ingresada y posteriormente enviada, los datos de cada día se enviaban hasta la mañana siguiente. Así, habría un día de atraso en la recepción de porcentaje de cumplimiento, con base en el cual se podían tomar decisiones respecto a cómo mejorar. Hay que tener en cuenta que con el método anterior no había certeza de cuánto se estaba cumpliendo, puesto que en las oficinas centrales no se llevaba un registro de este mantenimiento en específico. El resumen diario de la recopilación de datos se enviaban diariamente al coordinador del taller de servicios y al coordinador del predio de maquinaria, así como a los supervisores de cada región, que son los encargados directos de los mecánicos que realizan los mantenimientos a los tractores que abarcaba el proyecto. De esta forma contaban con información reciente de cuántos de los mantenimientos asignados se estaban haciendo y así podían tomar decisiones sobre la forma de subir con el porcentaje de cumplimiento lo antes posible. A continuación se muestran los resultados de cumplimiento de los mantenimientos el primer mes que estuvo en marcha el proyecto, luego del tiempo que tuvieron para la práctica de ingreso y envío de datos.

Tabla IX. **Porcentajes de cumplimiento primer mes (control digital)**

Semana	Región Centro (%)	Región Este (%)	Región Oeste (%)	General (%)
1	86,1	82,4	89,8	86,1
2	99,0	90,7	81,1	90,3
3	90,4	71,1	86,7	82,7
4	86,5	90,4	76,4	84,4
Promedio del mes	90,5	83,7	83,5	85,9

Fuente: elaboración propia.

Con la nueva metodología implementada para el mantenimiento preventivo diario de los tractores agrícolas, la cual se basa en un control más extenuante a través de una plataforma digital y en la comprobación de que los mecánicos encargados estuvieran llegando al punto exacto donde se les necesitaba por medio de la tecnología NFC, se observó un incremento de más del veinte por ciento en el cumplimiento de los mantenimientos diarios. Puesto de otra forma, se realizó este servicio tan importante a un veinte por ciento más de maquinaria. Aparte de este incremento, se logró tener información diaria para que no fuera necesario que pasara tanto tiempo desde el incumplimiento hasta el momento en el cual se definía una solución para el mismo. Desde los primeros días de la implementación, luego del periodo de prueba correspondiente, se pudo observar una mejora en cuanto al cumplimiento. En la tabla a continuación se presentan los resultados de cumplimiento de las semanas de la zafra 2016/2017 que estuvo en funcionamiento el nuevo sistema de control utilizado para la optimización del mantenimiento preventivo diario de tractores en el ingenio Pantaleón. Haciendo una comparación con los resultados obtenidos en la etapa de control manual (tabla VIII, página 28) realizada en la fase de investigación (lo cual es lo más parecido a la forma en la que lo hacían antes del proyecto de EPS) se observa un incremento del 22,2%

en el cumplimiento del mantenimiento diario, con un 65,0% y luego de la implementación, un 87,2%.

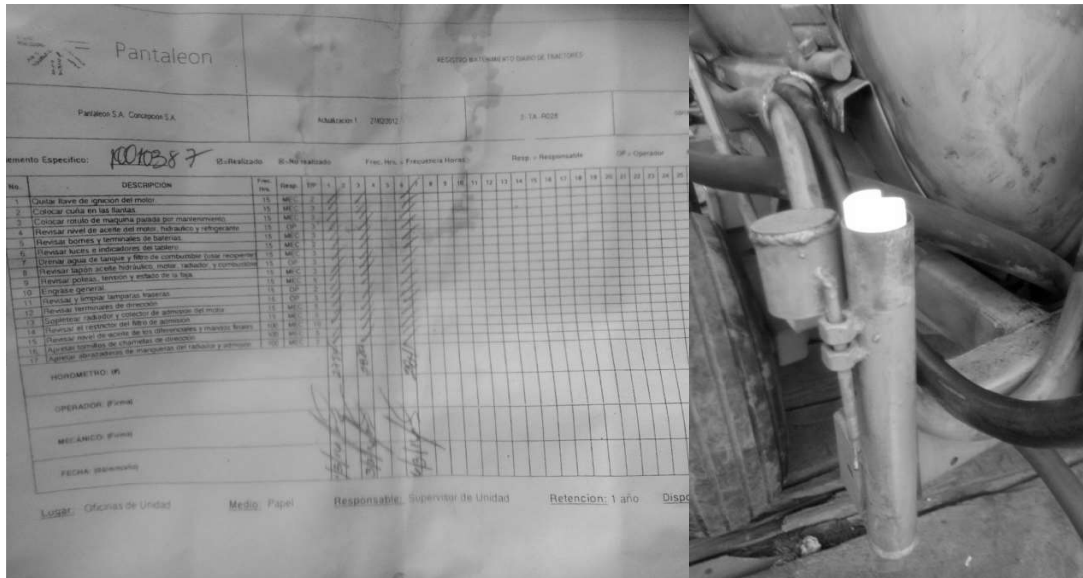
Aparte de la mejora en el porcentaje de cumplimiento, ahora los mecánicos cuentan con una herramienta más para sus labores, que no solo ayuda con el seguimiento del mantenimiento preventivo diario por parte de las oficinas administrativas sino que también puede ser usada en la comunicación de ellos con sus supervisores y operarios de maquinaria, lo cual es muy útil en el campo al tratar de localizar equipos y fincas.

Tabla X. Porcentajes de cumplimiento 18 semanas de zafra (control digital)

Semana	Región Centro (%)	Región Este (%)	Región Oeste (%)	General (%)
1	86,1	82,4	89,8	86,1
2	99,0	90,7	81,1	90,3
3	90,4	71,1	86,7	82,7
4	86,5	90,4	76,4	84,4
5	89,6	94,4	85,5	89,8
6	82,2	91,2	98,1	90,5
7	91,4	90,7	97,2	93,1
8	83,9	90,7	85,2	86,6
9	84,2	94,4	83,3	87,3
10	90,6	92,6	69,4	84,2
11	91,5	88,9	75,0	85,1
12	88,0	92,6	87,5	89,4
13	85,6	87,0	96,1	89,6
14	87,3	87,8	93,1	89,4
15	84,4	80,4	75,5	80,1
16	89,9	71,9	96,8	86,2
17	80,8	85,9	88,9	85,2
18	87,7	94,4	87,0	89,7
Promedio total	87,7	87,6	86,3	87,2

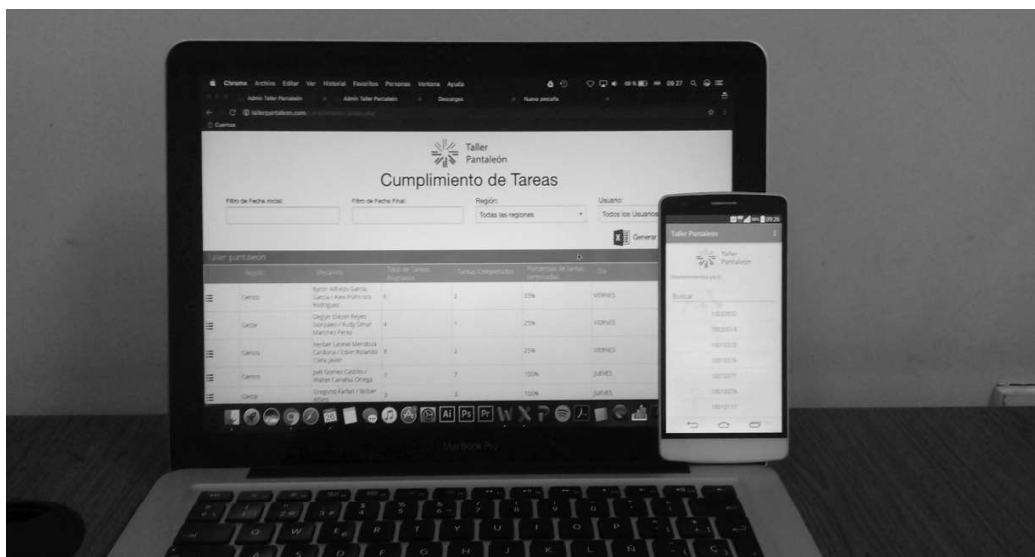
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Método antiguo del control de mantenimiento diario



Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

Figura 15. Nuevo método del control de mantenimiento diario



Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

3. FASE DE DOCENCIA

3.1. Presentación de resultados

Luego del periodo de prueba que duró un poco más de un mes se contó con información suficiente para mostrar el buen funcionamiento de la aplicación y la página de reportes, así como del equipo físico proveído (teléfonos celulares, chips NFC). Hubo una reunión con la jefatura del taller, la coordinación del taller de servicios y los supervisores de las tres regiones, donde se dio a conocer la dinámica con la que se había estado trabajando y los cumplimientos que se habían obtenido hasta la fecha. Se comparó de cuando se trabajó de forma manual la nueva distribución de tareas y los cumplimientos obtenidos con la aplicación en el celular, para analizar ambos porcentajes obtenidos de manera conjunta y acordar la búsqueda de soluciones para alcanzar el porcentaje más alto posible de cumplimiento en las tareas, tomando ventaja de la herramienta de los teléfonos y la aplicación. Por el buen funcionamiento del proyecto en general y los resultados positivos mostrados en cuanto a un incremento del porcentaje de cumplimiento, se contó con la aprobación para seguir operando el sistema de control de mantenimiento. Continúa el envío diario del informe con el detalle de lo completado por cada mecánico el día anterior al coordinador del taller de servicios y a los supervisores, para que ellos dispongan de la información más actualizada para tomar cualquier decisión.

3.2. Capacitación del personal de mantenimiento

Previo al inicio del uso del nuevo sistema de control de mantenimiento se capacitó en el uso correcto de los dispositivos móviles y la aplicación de teléfono que se desarrolló. Se contó con la presencia del jefe de taller, del

coordinador del predio de maquinaria, de los supervisores de cada región y de los mecánicos, quienes son los usuarios finales. Se presentó de manera global esta nueva herramienta de trabajo que sustituiría el método antiguo de recolección de datos. Luego se hizo una demostración general del funcionamiento de la aplicación a través de una presentación que se mostró a través de un proyector; esto fue bastante rápido pues era solo una pequeña idea de la forma de operar el aparato. Después de proveer un tiempo para hacer preguntas a los presentes acerca de lo que habían visto, se hizo una presentación más personalizada, donde a cada pareja de mecánico y soldador se les mostró el uso del teléfono, desde su encendido, lectura de chips NFC hasta el envío de información a la página de reportes. Acá se hicieron pruebas de ingreso a la aplicación usando el usuario y la contraseña proporcionados, selección de tractores, lectura de chip NFC, ingreso de dato de horómetro y marcación de tareas realizadas por medio de los cheques, para llegar a la conclusión del ingreso de datos mediante el botón de concluido. Se les enseñó la forma de hacerlo y posteriormente se les entregó el aparato, para que ellos hicieran una prueba de todo el procedimiento por sí mismos y expresaran cualquier duda desde ese momento, para aclarar los pasos a seguir para el correcto ingreso de datos, así como la forma de enviar esa información. También se les enseñó cómo subir manualmente los datos de labores ya realizadas y cómo sincronizar tractores y mantenimientos, para que a la hora de hacer un cambio en el administrador en la página de reportes, el cambio se hiciera también en sus usuarios de los teléfonos. Se tenía claro que eran necesarias las pruebas en campo para disipar por completo todas las dudas, puesto que ese es el ambiente en el que normalmente se haría uso de estos dispositivos, pero era necesaria una presentación general para dar a conocer la mayor cantidad de detalles posibles.

Figura 16. **Capacitación del personal de mantenimiento**



Fuente: Taller de maquinaria. Ingenio Pantaleón.

3.2.1. Importancia del orden en las labores de mantenimiento

Se recalcó la importancia de mantener un ambiente ordenado de trabajo, tanto dentro de las instalaciones del ingenio como en sus unidades de mantenimiento, para una mayor eficiencia en la realización de sus labores diarias. Se recalcó el buen uso que debían hacer de los teléfonos que les proporcionaron, ya que son herramientas de gran utilidad pero también muy delicadas. Se les indicó cuál es el uso correcto de los aparatos, no solo de la aplicación sino de las otras opciones disponibles dentro del mismo; cómo cuidar los datos móviles, así como las llamadas y los mensajes. Fueron proporcionados cargadores para vehículo para cuando se quedaran sin carga mientras estaban en el campo realizando mantenimientos. Se les enseñó el correcto uso y las mejores maneras de preservar por más tiempo la carga de la batería y cómo debían depositar los teléfonos y sus accesorios dentro de las

cajas que les fueron proporcionados y cómo guardarlos en las unidades de mantenimiento al final del día, para que esta nueva herramienta contara con una vida útil prolongada.

3.2.2. Importancia de archivar los documentos usados en las labores

Como se explicó, uno de los motivos por los cuales surgió la necesidad de este proyecto para llevar un control más estricto de las labores que se estaban haciendo en campo fue que el escaso registro que se llevaba no se cumplía a cabalidad ni se archivaban las rutas de mantenimiento. Incluso se daban los casos en los cuales a la mitad del mes se sustituía la hoja por extravía por parte del operador. También se presentaron los casos en los cuales las hojas no se llenaban correctamente o que no era firmada por el operador como constancia de que el mantenimiento había sido hecho en realidad. Si bien en algunos casos sí se encontraron los registros de meses anteriores, estos fueron escasos y solo de uno o dos meses atrás; de lo demás no se pudo encontrar ninguna constancia de que los mantenimientos diarios hubieran sido realizados. Se capacitó tanto a los mecánicos como a los supervisores para que, en forma conjunta, discutieran una solución a esta situación. Se planteó la posibilidad de entregar cartapacios a cada unidad de mantenimiento y habilitar archivos en el casco principal de operación de cada uno, para tener un lugar adecuado en el que se almacenara todo el material que fuera papel. A pesar de que dentro del proyecto en sí ya no se utilizaría papel para plasmar datos de mantenimiento, ellos siguen utilizándolo para otros trámites dentro de sus labores diarias, por lo que era importante ayudar a prevenir, en la medida de lo posible, la pérdida de documentos útiles tanto para ellos como para el ingenio, con base en las observaciones a otras labores que hacen.

3.2.3. Presentación de mejoras y avances

Al finalizar la implementación del proyecto con su respectiva etapa de prueba y definitiva puesta en funcionamiento, se presentaron las mejoras introducidas en el mantenimiento preventivo diario de los tractores al jefe del taller agrícola, al coordinador del predio de maquinaria y al coordinador del taller de servicios, a los supervisores y a los mecánicos involucrados en el proyecto de EPS. Se involucró en esta presentación tanto a supervisores como a mecánicos para que estuvieran al tanto de la situación en la que se encontró el funcionamiento general del mantenimiento preventivo diario y la forma en la cual había cambiado y cómo ellos debían formar parte activa para sacar el mayor provecho de la inversión que el ingenio realizó. Dentro de las mejoras y los avances con los cuales se contribuyó con el taller de maquinaria agrícolas del Ingenio Pantaleón en el lapso de los seis meses que duró el EPS y dentro del cual se logró la implementación del proyecto, se puede destacar la optimización de un proceso que con anterioridad se hacía de forma anticuada y que en ocasiones no se hacía. Hablamos del control y el registro del mantenimiento preventivo diario de los tractores del proceso de producción. Con este nuevo sistema introducido al taller se logra tener la información de los mantenimientos realizados al instante, con la única limitante de la señal de internet disponible en los diferentes puntos donde se labora. También fue posible introducir un método donde se comprueba que la unidad llegó al punto, de esta forma asegurando que el servicio fue prestado por parte de la unidad de mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. Se logró organizar el mantenimiento preventivo diario de la maquinaria agrícola que abarcó el proyecto. Se hicieron distribuciones con el equipo disponible, de tal forma que se tenía previsto cuántas veces por semana, como mínimo, se le haría servicio a un tractor, así como los días en específico.
2. Fueron creadas las bases de datos con la información recolectada, de tal forma que mediante porcentajes de cumplimiento se tenía una idea de cuántos de los mantenimientos programados se cumplían. De esta forma, los supervisores tuvieron información para tomar las medidas necesarias.
3. Se logró obtener al final de la zafra 2016/2017 un cumplimiento del 87,2% en los mantenimientos preventivos de la maquinaria que abarcó el proyecto. Si bien es menor a la meta, hay que tomar en cuenta el sesgo de la etapa de adaptación por parte de los usuarios.
4. Dado que el proyecto se puso en marcha dos meses después de iniciada la zafra (por el mes de prueba luego de implementado el proyecto), no se pudo obtener un dato real que indicara su impacto en la disponibilidad del equipo involucrado.
5. Dada la necesidad real existente dentro del ingenio, se logró la implementación de un sistema de control de mantenimientos de forma digital y remota, con la cual se optimiza en gran manera el envío y recepción de información del trabajo que se hace en campo.

RECOMENDACIONES

1. Al implementar tecnología en labores diarias dentro de una empresa se debe analizar el tipo de usuario al que se abarcará, para de esta forma plantear soluciones que se puedan asimilar de forma rápida y fácil por parte del personal que hará uso de las nuevas herramientas.
2. Estar conscientes de que la implementación de un nuevo método de trabajo, no digamos nuevas herramientas que en este caso fueron digitales, causará un poco de reticencia por parte del personal. Por lo tanto, hay que dar un seguimiento exhaustivo a cualquier duda o problema que se pudiera dar por parte del proyecto, para crear voluntad en los usuarios, de forma que ellos también se involucren en el mejoramiento del sistema que fue incorporado.
3. Analizar cuidadosamente antes de la aprobación de una cotización por parte de la empresa y con la mayor prontitud posible, puesto que la recolección de propuestas, selección y aprobación final son procesos que tardan en culminarse y esto podría llegar a alargar el tiempo final del EPS.

BIBLIOGRAFÍA

1. GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, Francisco. *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión*. 2a ed. Colombia: Ediciones de la U, 2014. 276 p.
2. DUFFUAA, SALIH O. *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. 1a ed. México: Limusa Wiley, 2006. 420 p.
3. MONROY PERALTA, Fredy Mauricio. *Principios básicos de mantenimiento, documento mediado para el curso de montaje y mantenimiento de equipo*. 18 p.
4. RENOVETEC. *Mantenimiento correctivo, organización y gestión de la reparación de averías*. Volumen 4. [Consulta 1 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.renovetec.com/mantenimientoindustrial-vol4-correctivo.pdf>
5. PREDITEC. *Mantenimiento predictivo*. [Consulta 7 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/>
6. XATAKA. *NFC: qué es y para qué sirve*. [Consulta 28 febrero 2017]. Disponible en: <https://www.xataka.com/moviles/nfc-que-es-y-para-que-sirve>

ANEXOS

A continuación se presentan las cotizaciones que presentaron los tres proveedores con los cuales se consultó sobre el proyecto. En cada una se puede observar la propuesta de los proveedores y el precio de la misma. Se presentan en el orden con el cual fueron enviadas. La última cotización es la que fue aprobada por parte de la jefatura del taller de maquinaria.



**COTIZACIÓN DE ARRENDAMIENTO SISTEMA
GPS PARA IDENTIFICACIÓN DE TÉCNICO DE
MANTENIMIENTO Y MAQUINARIA DE CAMPO**

Dirigida a:

INGENIO PANTALEÓN

7ª Avenida, Edificio Galerías España, 11-63 Z.9 Oficina C
Tel. (502) 4040 9498, (502) 5200 2627

- 1 -



Guatemala, 14 de Abril de 2016

Ing. Nelson Mazariegos
Ingenio Pantaleón
Guatemala, C.A.

Estimado Ing. Mazariegos:

En referencia a la solicitud que nos hiciera el sr. Renato Coronado, adjunto sirvase encontrar nuestra cotización del Sistema GPS para la identificación de técnico de mantenimiento y maquinaria en campo que consiste en lo siguiente:

- A. Arrendamiento de 9 Equipos GPS UU2 por 36 meses para instalarlos en vehículos de mantenimiento
- B. 130 Llaves Magnéticas para identificación de maquinaria
- C. Software en Internet para monitoreo de actividad de mantenimiento de maquinaria, por medio de Smartphone para monitorear ubicación, status, recepción de alarmas, comunicación con operador o conductor

Cualquier pregunta o comentario al respecto, no dude en contactarnos.

Atentamente,

Ing. Alfredo Pérez
Sistemas Automatizados de Control, S.A.

7ª Avenida, Edificio Galerías España, 11-63 Z.9 Oficina C
Tel. (502) 4040 9498, (502) 5200 2627

- 2 -



INSTALACIÓN DE EQUIPO EN CABEZALES Y MAQUINARIA

INSTALACIÓN DE GPS EN CABEZALES Y MAQUINARIA				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
Instalación y programación de GPS, incluye materiales de instalación, conexión a alternador para identificación de técnico	9	\$50.00	\$450.00	
TOTAL INSTALACIÓN			\$450.00	
			IVA	\$54.00
TOTAL CON IVA INCLUIDO			\$504.00	

Nota: La instalación se realizará en el Ingenio y en cascos de fincas

Si se requiere instalar los equipos fuera de cascos o del Ingenio, se cobrará el kilometraje correspondiente

ARRENDAMIENTO DE SISTEMA PARA IDENTIFICACIÓN DE TECNICO DE MANTENIMIENTO Y MAQUINARIA EN CAMPO (PAGO MENSUAL POR 36 MESES)

ARRENDAMIENTO SISTEMA GPS				
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	CANTIDAD	COSTO MENSUAL	COSTO TOTAL	
GPS completo, incluye antenas GPS/GPRS y factor de llaves dallas	9	\$10.00	\$90.00	
TOTAL INSTALACIÓN			\$90.00	
			IVA	\$10.80
TOTAL CON IVA INCLUIDO			\$100.80	

Nota: El período de arrendamiento es de 36 meses

En el mes 37, los equipos pasan a ser del cliente

7ª Avenida, Edificio Galerías España, 11-63 Z.9 Oficina C

Tel. (502) 4040 9498, (502) 5200 2627



LLAVES MAGNÉTICAS PARA IDENTIFICACIÓN DE TÉCNICOS Y MAQUINARIA EN CAMPO

LLAVES MAGNÉTICAS PARA IDENTIFICACIÓN DE TÉCNICOS Y MAQUINARIA EN CAMPO			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Llaves Magnéticas para identificación de técnico y maquinaria en campo	130	\$12.00	\$1,560.00
TOTAL INSTALACIÓN			\$1,560.00
IVA			\$187.20
TOTAL CON IVA INCLUIDO			\$1,747.20

COBRO MENSUAL POR USO DE PLATAFORMA WEB PARA PC Y PARA SMARTPHONES

MENSUALIDAD POR USO DE APLICACIÓN EN INTERNET			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Mensualidad por uso de aplicación en Internet, incluye recepción de información para análisis, generación de reportes, envío de alertas y uso de aplicación para teléfonos inteligentes	9	\$20.00	\$180.00
TOTAL INSTALACIÓN			\$180.00
IVA			\$21.60
TOTAL CON IVA INCLUIDO			\$201.60

Nota: El cobro por uso de aplicación Worldfleetlog es por GPS conectado y no se efectuará en los meses que el GPS esté desconectado y no envíe información a la web.

7ª Avenida, Edificio Galerías España, 11-63 Z.9 Oficina C
Tel. (502) 4040 9498, (502) 5200 2627



COBRO MENSUAL POR USO DE SIM CARD GPRS

<i>MENSUALIDAD POR USO DE SIM CARD GPRS</i>			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Uso de Sim Card GPRS para transmisión de datos	9	\$4.00	\$36.00
TOTAL INSTALACIÓN			\$36.00
IVA			\$4.32
TOTAL CON IVA INCLUIDO			\$40.32

Nota: El cobro por Sim Card se realizará todos los meses ya que existe un contrato de 18 meses por cada sim card adquirido. El sim card lo puede proporcionar el Ingenio si así lo desea.

COBRO POR ASISTENCIA TÉCNICA

<i>SOPORTE TÉCNICO EN SITIO (ASISTENCIA TÉCNICA)</i>			
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	PRECIO UNITARIO	IVA	PRECIO TOTAL
Mazo de obra Soporte Técnico (cobro por hora de asistencia técnica)	\$ 30.00	\$ 3.60	\$ 33.60
Cobro por kilómetro recorrido	\$ 0.50	\$ 0.06	\$ 0.56

Nota: El cobro por asistencia técnica se cobrará cuando la causa de la falla sea ajena al equipo y no la cubra la garantía (ver cláusula de garantía incluida en esta propuesta).

7ª Avenida, Edificio Galerías España, 11-63 Z.9 Oficina C
Tel. (502) 4040 9498, (502) 5200 2627



Tiempo de Entrega de Equipo:

A convenir con el cliente

Lugar de Entrega:

Instalaciones de Ingenio Pantaleón en Santa Lucía Cotzumalguapa

Validez de la propuesta

La validez de la oferta es de treinta (30) días contados a partir de la fecha de emisión de la misma.

Garantías

- La garantía de fábrica sobre el equipo arrendado y sus componentes se extiende durante el período total de arrendamiento de los equipos. No cubre daños maliciosos, daños naturales, descargas eléctricas, abusos de usuarios, accidentes y/o manejo defectuoso del mismo.
- En caso de falla de equipo, el técnico de Sistemas Automatizados de Control, S.A. determinará si el daño es a causa de falla de equipo. Si el daño lo cubre la garantía, se cambiará la pieza dañada sin costo, solo se cobrará el kilometraje recorrido.
- Si el daño no lo cubre la garantía, se cobrará el costo de la pieza dañada, la mano de obra y kilometraje recorrido.

OBSERVACIONES IMPORTANTES:

- El cliente deberá nombrar un representante que esté presente durante el tiempo de la instalación y proporcionará todos los trámites necesarios.
- Para que el equipo GPS funcione adecuadamente, es necesario que el sistema eléctrico de la unidad se encuentre en buen estado
- Antes de comenzar la instalación de los equipos, SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE CONTROL, S.A. le entregará el listado de los datos primarios que se necesitan para la programación de los equipos.

7ª Avenida, Edificio Galerías España, 11-63 Z.9 Oficina C
Tel. (502) 4040 9498, (502) 5200 2627




COTIZACION DE EQUIPO
GRUPO PANTALEON, S.A.

Equipo Intermec y Accesorios. Precios Unitarios

Atención: Roy Figueroa

Hand Held Robustas CN50

03/05/2016

Part No.	Cantidad	Descripción	PRECIO UNITARIO IVA INCLUIDO	PRECIO TOTAL
CN50A3G	1	Hand Held Intermec CN50, Alfanumérica - Windows Mobile 5.1 - 256Mb de RAM, 512Mb de Disco Interno - 2 Procesadores Intel ARM (1 para comunicaciones, 1 para proceso) - Slot miniSD para expansión - Opción de teclado numérico o alfanumérico - Cámara a color 3.1 Mp - Lector de Código de Barras 1D y 2D con eMUI - WIFI 802.11b/g y Bluetooth estándar - Radio GSM/GPRS, HSDSPA, 3.75G UMITS - GPS con A-GPS Integrado, para posicionamiento Global - Acelerómetro y Brilho digital - Incluye Batería Extendida, 14.5 w/hr, Lilon - Incluye HandStrap, Stylus, 	\$ 1,250.00	\$ 1,250.00
852-068-001	1	Cargador múltiple de baterías, para 4 unidades, incluye fuente de poder 851-061-208, incluye Inversores	\$ 450.00	\$ 450.00
318-039-001	1	Baterías extras, extendidas, 14.5 w/hr, Lilon	\$ 97.00	\$ 97.00
2000360-100	1	Impresoras Datamax-ONEIL MF4Te , Integrated Bluetooth module supports Bluetooth wireless data communications and version 1.1 and 1.2 of the Bluetooth standard (SIG certified). Includes built-in intelligent battery charging, RS-232 port, two batteries, paper, cleaning card, and User Guide. Supports printing of 1-D and 2-D bar codes, graphics, signature capture and condensed 80-column font. NEW features include an external DC charge port, LED's, and an enhanced battery compartment for easy battery removal. Included power supply TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATA. GARANTIA: 1 AÑO POR DEFECTOS DE FABRICA.	\$ 947.00	\$ 947.00
TOTAL \$			\$ 2,744.00	

LÍDERES EN CÓMPUTO MÓVIL, CODIFICACIÓN Y CAPTURA AUTOMÁTICA DE DATOS

Ta. Calle 36-30, Zona 11 • www.grupobarcode.com ADMON / VENTAS: email info@barcodeenlinea.com PBX (502) 2229-2600 FAX (502) 2229-2699
 Es Salvador: Cd. Compañía • Calle Organización, Pasaje 3, #19-A, San Salvador SOPORTE TÉCNICO: email soporte tecnico@barcodeenlinea.com TEL (502) 2229-2660



Documento de Cotización

App Mobile - Pantateón S.A.

9 av. 1-11 z.1 Guatemala

t. 30219388

www.xoratom.com
Guatemala, octubre 2016

Tabla de Contenidos

I.	Descripción	2
II.	Implementación	6
III.	Costos	7
	Tabla de costos	
IV.	Hosting y Mantenimiento	8

Descripción

Se debe desarrollar una aplicación móvil para la plataforma Android con envío de notificaciones por correo electrónico, la cual se detalla a continuación:

- Pantalla inicial



- Pantalla de login de la aplicación.



- Pantalla de lista de tareas a realizar. Dependiendo del día de la semana provee una lista diferente.



- Pantalla de verificación por chip nfc. Si selecciona la opción no aplica se deberá mostrar una pantalla donde deberá de indicar la razón.



- Listado de labores a realizar.



Implementación de tecnología NFC

Es un protocolo de comunicación útil para la implementación que se desea realizar, ya que es necesario que el dispositivo esté por lo menos a unos 4cm de distancia del chip para que pueda ser leído lo que asegura que el usuario esté en el punto solicitado.

Los stickers nfc que se proveerán poseen las siguientes características:

- Los stickers se pueden sobrescribir además de opcionalmente poder ser protegidos con contraseña.
- Stickers de color negro resistentes al agua.
- Capacidad de esconderse y colocar fácilmente por ser liso y de color negro, además del tamaño de unos 25mm de diámetro.
- Especial para colocar en superficies metálicas.



- Para el siguiente desarrollo se deberá realizar tanto el escritor del chip nfc como el lector de la aplicación.

Dispositivos a comprar

LG G3 Beat

Implementación

Quality Assurance

Al finalizar el desarrollo se cuenta con una fase de QA (Quality Assurance) para garantizar la calidad del desarrollo.

Página de Reportes

Página web donde se podrán visualizar los reportes de porcentajes de cumplimiento.

Costos

Tabla de costos

Implementación	Descripción
Desarrollo de aplicación Android.	Desarrollo de la aplicación detallada en este documento.
Implementación NFC	Implementación de tecnología NFC para validación de usuarios en distintos puntos, además de la implementación del escáner como el lector del chip nfc. (Incluye 150 stickers con chip NFC).
Página de Reportes.	Página para poder visualizar los reportes de porcentajes de cumplimiento.
Hosting	Hosting año y medio del sitio.
9 dispositivos LG G3 Beat Liberados	9 dispositivos LG G3 Beat Liberados.
9 planes de teléfono con internet.	9 planes de teléfono con internet.
IVA	Q 9,021.36
Total sin IVA	Q 75,178.00
Total con IVA	Q 84,199.36

Hosting y Mantenimiento

En caso el cliente no tenga Hosting se podrá proveer el servicio de Hosting brindado por Rackspace en el plan Cloud Server. El cual tendrá un costo adicional de **\$25.00** por mes, con un espacio de almacenamiento máximo de 6 GB y 60 GB de ancho de banda. No incluye SSL, en dado caso se requiera se deberá cotizar la instalación.

Nota: El costo incluye un mes de mantenimiento, después de esto si el cliente desea el servicio, este tendrá un costo adicional de \$250 por mes.